



TESIS - RE142541

# **PREDIKSI EMISI GAS KARBONDIOKSIDA DAN METANA SERTA POTENSI ENERGI LISTRIK DARI AKTIFITAS DOMESTIK DAN NON DOMESTIK DI SURABAYA SELATAN**

**ADY DARMAWAN BASRI**  
**3315201004**

**DOSEN PEMBIMBING**  
**Dr. Ir. Mohammad Razif, MM**

**PROGRAM MAGISTER**  
**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA**  
**2017**



THESIS - RE142541

**PREDICTION OF GAS EMISSION OF CO<sub>2</sub> AND CH<sub>4</sub>  
AS WELL AS THE POTENTIAL OF ELECTRIC  
ENERGY FROM DOMESTIC AND NON DOMESTIC  
ACTIVITIES IN THE SOUTH OF SURABAYA CITY**

**ADY DARMAWAN BASRI  
3315201004**

**SUPERVISOR  
Dr. Ir. Mohammad Razif, MM**

**MAGISTER PROGRAM  
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2017**

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

**Magister Teknik (M.T.)**

di

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

oleh :

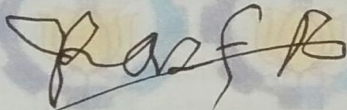
**Ady Darmawan Basri**

**NRP. 3315201004**

**Tanggal Ujian : 5 Januari 2017**

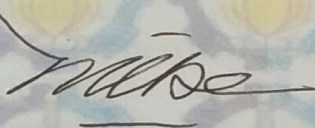
**Periode Wisuda : Maret 2017**

**Disetujui Oleh :**



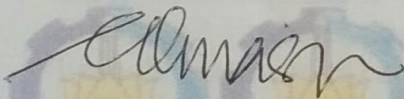
**1. Dr. Ir. Mohammad Razif, MM**  
**NIP. 19530502 198103 1 004**

**(Pembimbing )**



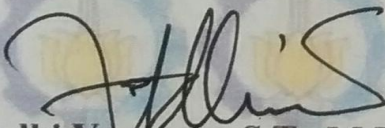
**2. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc**  
**NIP. 19550128 198503 2 001**

**(Penguji)**



**3. Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T**  
**NIP.19560204 199203 2 001**

**(Penguji)**



**4. Adhi Yudianto, S.T., M.T., Ph.D**  
**NIP. 19730601 200003 1 001**

**(Penguji)**

**an. Direktur Program Pascasarjana**

**Direktur Program Pascasarjana,**



**Prof. Dr. Ir. Tri Widjaja, M.Eng.**  
**NIP. 19610021 198603 1 001**

**Prof. Ir. Djauhar Manfaat, MSc., Ph.D**  
**NIP. 19601202 198701 1 001**



# **PREDIKSI EMISI GAS CO<sub>2</sub> DAN CH<sub>4</sub> SERTA POTENSI ENERGI LISTRIK DARI AKTIFITAS DOMESTIK DAN NON DOMESTIK DI SURABAYA SELATAN**

Nama Mahasiswa : Ady Darmawan Basri  
NRP : 3315201004  
Pembimbing : Dr. Ir. Mohammad Razif, MM

## **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi besarnya emisi gas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> yang dihasilkan dari aktivitas IPAL domestik dan non domestik di Surabaya bagian Selatan selama 10 tahun kedepan dan sekaligus memprediksi besarnya potensi energi listrik dari emisi gas CH<sub>4</sub> yang dihasilkan dari aktifitas domestik dan non domestik di Surabaya bagian Selatan selama 10 tahun kedepan.

Metode penelitian ini telah disusun untuk menghitung besarnya buangan limbah domestik dalam satuan liter/orang/hari. Perhitungannya didasarkan atas pendekatan dari pemakaian air bersih yang diperoleh dari rekening PDAM setiap rumah yang mewakili dari setiap kelurahan, yaitu rumah berlantai 2 dan rumah berlantai 1. Data sekunder digunakan untuk menghimpun data jumlah aktivitas non domestik seperti kantor, hotel, rumah sakit, sekolah dll. Dari fasilitas non domestik ini juga bisa dihitung besarnya jumlah air bersih dari rekening pemakaian air PDAM. Dari air bersih domestik diperoleh jumlah populasi sedangkan dari air bersih non domestik diperoleh populasi ekuivalen dengan membagi jumlah air bersih liter/hari dari setiap kegiatan dengan liter/orang/hari dari perhitungan air bersih domestik. Dari pemakaian air bersih ini dihitung jumlah air limbah yang dihasilkan untuk populasi domestik dan non domestik. Air limbah ini diproyeksi selama 10 tahun dan dihitung emisi CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> serta potensi energi listriknya di wilayah Surabaya Selatan.

Dari hasil penelitian diperoleh prediksi besarnya emisi gas pada 10 tahun kedepan untuk Surabaya bagian Selatan sebesar 224.941 kg/tahun.CO<sub>2</sub> dan 53.076 kg/tahun.CH<sub>4</sub> untuk aktifitas domestik serta untuk non domestik sebesar 3.092.484 kg/tahun.CO<sub>2-eq</sub> dan 729.687 kg/tahun.CH<sub>4-eq</sub>. Prediksi besarnya potensi energi listrik dari emisi gas CH<sub>4</sub> pada akhir 10 tahun kedepan untuk Surabaya bagian Selatan dari aktifitas domestik sebesar 748.773 kWh/tahun dan dari aktifitas non domestik sebesar 13.036.487 kWh/tahun. Prediksi besarnya pengurangan emisi gas rumah kaca dengan pengalihan emisi CH<sub>4</sub> menjadi biogas di Surabaya bagian Selatan pada akhir 10 tahun kedepan dari dari aktifitas domestik -53.076 kg/tahun CH<sub>4</sub> dan dari aktifitas non domestik sebesar -729.687 kg/tahun CH<sub>4-eq</sub>.

**Kata kunci : emisi CO<sub>2</sub>, emisi CH<sub>4</sub>, energi listrik.**

# **PREDICTION OF GAS EMISSION OF CO<sub>2</sub> AND CH<sub>4</sub> AS WELL AS THE POTENTIAL OF ELECTRIC ENERGY FROM DOMESTIC AND NON DOMESTIC ACTIVITIES IN THE SOUTH OF SURABAYA CITY**

Ady Darmawan Basri<sup>1</sup>, Dr. Ir. Mohammad Razif, MM<sup>2</sup>  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

## **ABSTRACT**

This research aims to predict the magnitude of the emissions of CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> generated from domestic activities and non domestic activities in South of Surabaya during 10 years later and predict the magnitude of the potential power of CH<sub>4</sub> emissions generated from domestic activities and non domestic activities in South of Surabaya during 10 years later.

The method of this research has been compiled to calculate the magnitude of waste domestic waste in units of liter/person/day. The calculations are based on the approach of discharging clean water obtained from the account of PDAM each house representing every neighborhood, home floor 2 and home floor 1. Secondary data are used to compile data on the number of non domestic activities such as offices, hotels, hospitals, malls, shops and restaurant. From non domestic facilities could also be calculated the magnitude of the amount of clean water from the account of use of water PDAM. From domestic clean water obtained population and than from of non domestic clean water obtained equivalent population by dividing the amount of clean water liter/day of any activity with a liter/person/day of domestic clean water supply calculation. The usage of clean water is calculating the amount of waste water produced for the domestic and non domestic population. This waste water predicting during 10 years and calculated emissions of CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> as well as electric energy potential in South of Surabaya.

From research results obtained the prediction of the magnitude of greenhouse-gas emissions in 10 years later for South of Surabaya of 224.941 kg/year.CO<sub>2</sub> and 53.076 kg/year.CH<sub>4</sub> for domestic activities and than for non domestic activities of 3.092.484 kg/year.CO<sub>2-eq</sub> and 729.687 kg/year.CH<sub>4-eq</sub>. Prediction of the magnitude of the potential electrical energy of the gas emissions of CH<sub>4</sub> during 10 years later for South of Surabaya from domestic activities of 748.773 kWh/year and from non domestic activities of 13.036.487 kWh/year. Prediction of the magnitude of the reduction in greenhouse gas emissions with the transfer of emission of CH<sub>4</sub> into biogas in South of Surabaya in 10 years later from domestic activities -53.076 kg/year CH<sub>4</sub> and from non domestic activities of -729.687 kg/year CH<sub>4-eq</sub>.

**Keywords : CO<sub>2</sub> Emission, CH<sub>4</sub> Emission, Electrical Energy.**

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur dipanjat kehadiran Allah SWT atas segala rahmatnya yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tesis yang berjudul “**Prediksi Emisi Gas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> serta Potensi Energi Listrik dari Aktivitas Domestik dan Non Domestik di Surabaya Selatan**”.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya khususnya kepada orang tuaku, Bapak Basri Cana, S.E dan Ibu Hery Handayani serta kedua adik saya Ade Darmawan Basri, S.H dan Aflah Falah Basri yang selalu mendoakan keberhasilan dalam setiap langkahku. Tak lupa saya ucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Mohammad Razif, MM sebagai dosen pembimbing yang telah membimbing dengan penuh kesabaran hingga terselesaikannya Tesis ini.
2. Ibu Alia Damayanti, S.T., M.T., Ph.D sebagai dosen wali dan dosen penguji proposal tesis yang selalu mengarahkan selama masa perkuliahan dan memberi masukan dalam penulisan Tesis ini.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc selaku dosen penguji Tesis yang telah memberikan saran dan masukan dalam Tesis ini.
4. Bapak Adhi Yuniarto, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen penguji Tesis yang telah memberi masukan, kritik serta saran dalam penulisan Tesis ini.
5. Ibu Dr. Ir. Ellina Sitepu Pandebesie, M.T selaku koordinator Tesis dan dosen penguji Tesis yang telah memberikan saran serta masukan dan motifasi dalam penulisan Tesis ini.
6. Dosen-dosen pengajar dan Staff di Jurusan Teknik Lingkungan ITS Surabaya atas ilmu yang telah diberikan serta bantuannya selama perkuliahan.
7. Gusti Ayu Rahmawati, S.T dan teman-teman seangkatan Magister TL 2015 serta pihak-pihak lain yang tidak bisa disebut satu per satu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan Tesis ini. Semoga Tesis yang telah disusun ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I     PENDAHULUAN</b>	
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	3
1.3    Tujuan Penelitian .....	4
1.4    Manfaat Penelitian .....	4
1.5    Ruang Lingkup .....	5
<b>BAB II    TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1    Gambaran Umum Kota Surabaya.....	7
2.1.1 Letak Geografis Kota Surabaya .....	7
2.1.2 Demografi Kota Surabaya .....	8
2.2    Pemanasan Global .....	10
2.2.1 Defenisi Pemansan Global .....	10
2.2.2 Karbondioksida (CO <sub>2</sub> ) .....	12
2.2.3 Metana (CH <sub>4</sub> ) .....	14
2.2.4 Proses Reduksi Karbondioksida dan Metana.....	15
2.3    Tangki Septik (Sebagai Mayoritas IPAL Domestik.....	17
2.3.1 Definisi Tangki Septik .....	17
2.3.4 Konstruksi dan Pemeliharaan Tangki Septik yang Baik.	17
2.3.5 Mekanisme Kerja yang ada di dalam Tangki Septik.....	20
2.3.3.1 Proses Kimiawi .....	20
2.3.3.2 Proses Biologis.....	20
2.4    IPAL Komunal dan IPAL Setempat.....	21
2.4.1 Anaerobic Baffled Reactor (ABR) .....	21

2.5	Proses Pembentukan CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> pada Tangki Septik	25
2.5.1	Perhitungan Emisi CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> dalam Tangki Septik..	27
2.5.2	Konversi Biogas Menjadi Energi Listrik.....	28
2.6	Penelitian Terdahulu .....	29
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1	Umum .....	31
3.2	Kerangka Penelitian .....	31
3.3	Rangkaian Kegiatan Penelitian .....	33
3.3.1	Studi Literatur .....	33
3.3.2	Teknik Pengumpulan dan Analisis Data .....	33
3.3.3	Teknik Sampling .....	34
3.3.4	Teknik Pengumpulan Data .....	35
3.3.5	Pengumpulan Data .....	37
3.3.5.1	Pengumpulan Data Primer.....	38
3.3.5.2	Pengumpulan Data Sekunder .....	38
3.3.5.3	Pengolahan Data .....	47
3.3.6	Kesimpulan dan Saran .....	52
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1	Kondisi Lokasi Penelitian .....	53
4.2	Analisis Hasil Survey .....	53
4.2.1	Lokasi Survey .....	53
4.2.2	Karakteristik Kuesioner .....	54
4.3	Menghitung CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> Domestik di Tangki Septik..	55
4.3.1	Jumlah Air Limbah dari Aktifitas Domestik di Surabaya Selatan .....	56
4.3.2	Perhitungan Massa CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> per Kepala Keluarga ..	57
4.3.3	Prediksi Besarnya CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> dari Aktifitas Domestik Di Surabaya Selatan .....	57
4.3.4	Prediksi Potensi Energi Listrik yang dihasilkan dari Aktifitas Domestik di Surabaya Selatan .....	59
4.3.5	Prediksi Pengurangan Emisi GRK dari Aktifitas Domestik dengan Pengalihan Metana .....	61



4.4	Menghitung CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> Aktifitas Non Domestik dalam Tangki Septik atau IPAL .....	62
4.4.1	Jumlah Air Limbah dari Aktifitas Non Domestik Di Surabaya Selatan .....	63
4.4.2	Prediksi Besarnya CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> dari Aktifitas Non Domestik di Surabaya Selatan .....	65
4.4.3	Prediksi Potensi Energi Listrik yang dihasilkan dari Aktifitas Non Domestik di Surabaya Selatan .....	66
4.4.4	Prediksi Pengurangan Emisi GRK dari Aktifitas Non Domestik dengan Pengalihan CH <sub>4</sub> di Surabaya Selatan. ....	69
4.5	Menghitung Karbondioksida (CO <sub>2</sub> ) dan Metana (CH <sub>4</sub> ) Aktifitas Non Domestik Keseluruhan dalam Tangki Septik atau IPAL .....	70
4.5.1	Jumlah Air Limbah dari Aktifitas Non Domestik Keseluruhan di Surabaya Selatan .....	70
4.5.2	Prediksi Besarnya CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> dari Aktifitas Non Domestik Keseluruhan di Surabaya Selatan .....	71
4.5.3	Prediksi Potensi Energi Listrik yang Dihasilkan dari Aktifitas Non Domestik Keseluruhan di Surabaya Selatan .....	73
4.5.4	Prediksi Pengurangan Emisi GRK dari Aktifitas Non Domestik Keseluruhan dengan Pengalihan Metana di Surabaya Selatan .....	74
 <b>BAB V    PENUTUP</b>		
5.1	Kesimpulan .....	77
5.2	Saran .....	78
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		79
<b>LAMPIRAN .....</b>		85
<b>BIOGRAFI PENULIS .....</b>		92

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Luasan masing-masing Kecamatan di Kota Surabaya .....	8
Tabel 2.2	Jumlah Penduduk Kota Surabaya di Tiap Kecamatan pada Tahun 2014.....	9
Tabel 2.3	Kontribusi Emisi Gas Rumah Kaca di Indonesia.....	12
Tabel 2.4	Sektor Kegiatan Penyumbang Emisi Gas GRK di Indonesia	12
Tabel 2.5	Indeks Pemanasan Global Gas Rumah Kaca .....	15
Tabel 2.6	Kuantitas Tinja ( <i>feces</i> ) dan Air Seni ( <i>urine</i> ) .....	27
Tabel 2.7	Karakteristik Sampel Awal Tinja .....	27
Tabel 2.8	Nilai Kesetaraan Biogas dan Energi yang Dihasilkan ....	28
Tabel 2.9	Konversi Energi Gas Metana menjadi Energi Listrik ....	29
Tabel 4.1	Jumlah Penduduk di Surabaya Selatan tahun 2014 .....	52
Tabel 4.2	Jumlah Penduduk di Surabaya Selatan .....	55
Tabel 4.3	Jumlah dan rata-rata air limbah yang dihasilkan per KK...	55
Tabel 4.4	Jumlah Massa CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> Aktivitas Domestik di Surabaya Selatan .....	56
Tabel 4.5	Potensi Energi Listrik dari Aktivitas Domestik .....	58
Tabel 4.6	Pendapatan Total Listrik dari Aktivitas Domestik di Surabaya Selatan .....	59
Tabel 4.7	Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca dengan Pengalihan CH <sub>4</sub> dari Aktivitas Domestik .....	60
Tabel 4.8	Jumlah dan Data Rata-rata Air Limbah yang dihasilkan Dari Aktivitas Non Domestik serta Populasinya .....	62
Tabel 4.9	Jumlah Air Limbah yang Dihasilkan dari Aktivitas Non Domestik di Surabaya Selatan .....	63
Tabel 4.10	Jumlah Massa CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> dari Aktivitas Non Domestik di Surabaya Selatan .....	64
Tabel 4.11	Potensi Energi Listrik dari Aktivitas Non Domestik.....	66
Tabel 4.12	Pendapatan Total Listrik dari Aktivitas Non Domestik di Surabaya Selatan .....	67
Tabel 4.13	Pengurangan Emisi CH <sub>4</sub> dari Aktivitas Non Domestik.....	68

Tabel 4.14	Jumlah Air Limbah yang Dihasilkan Keseluruhan dari Aktivitas Non Domestik di Surabaya Selatan .....	70
Tabel 4.15	Jumlah Massa CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> dari Aktivitas Non Domestik Keseluruhan di Surabaya Selatan .....	70
Tabel 4.16	Potensi Energi Listrik dari Aktivitas Non Domestik Keseluruhan di Surabaya Selatan .....	72
Tabel 4.17	Pengurangan Emisi CH <sub>4</sub> dari Aktivitas Non Domestik Keseluruhan di Surabaya Selatan .....	74
Tabel A	Lampiran Pengolahan Data Domestik di Surabaya Selatan....	85
Tabel B.1	Lampiran Pengolahan Data Non Domestik “Mall” di Surabaya Selatan .....	88
Tabel B.2	Lampiran Pengolahan Data Non Domestik “Hotel” di Surabaya Selatan .....	88
Tabel B.3	Lampiran Pengolahan Data Non Domestik “Rumah Makan” di Surabaya Selatan .....	88
Tabel B.4	Lampiran Pengolahan Data Non Domestik “Pertokoan” di Surabaya Selatan .....	89
Tabel B.5	Lampiran Pengolahan Data Non Domestik “Perkantoran” di Surabaya Selatan .....	89
Tabel B.6	Lampiran Pengolahan Data Non Domestik “Rumah Sakit” di Surabaya Selatan .....	90

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pembagian Wilayah Administratif Kota Surabaya .....	7
Gambar 2.2	Tipikal tangki septik .....	18
Gambar 2.3	Anaerobic Baffled Reactor .....	22
Gambar 2.4	Unit <i>Anaerobic Filter</i> sederhana .....	24
Gambar 3.1	Diagram Tahapan Penelitian .....	32
Gambar 3.2	Peta Wilayah Kecamatan Sawahan Kota Surabaya .....	39
Gambar 3.3	Peta Wilayah Kecamatan Wonokromo Kota Surabaya.....	40
Gambar 3.4	Peta Wilayah Kecamatan Karangpilang Kota Surabaya ...	41
Gambar 3.5	Peta Wilayah Kecamatan Dukuh Pakis Kota Surabaya .....	42
Gambar 3.6	Peta Wilayah Kecamatan Wiyung Kota Surabaya .....	43
Gambar 3.7	Peta Wilayah Kecamatan Wonocolo Kota Surabaya .....	44
Gambar 3.8	Peta Wilayah Kecamatan Gayungan Kota Surabaya .....	45
Gambar 3.9	Peta Wilayah Kecamatan Jambangan Kota Surabaya .....	46
Gambar 4.1	Prediksi Massa CO <sub>2</sub> Aktifitas Domestik di Surabaya Selatan .....	57
Gambar 4.2	Prediksi Massa CH <sub>4</sub> Aktifitas Domestik di Surabaya Selatan .....	57
Gambar 4.3	Potensi Energi Listrik dari Aktifitas Domestik di Surabaya Selatan .....	59
Gambar 4.4	Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca dengan Pengalihan CH <sub>4</sub> dari Aktifitas Domestik di Surabaya Selatan.....	61
Gambar 4.5	Prediksi Air Limbah yang Dihasilkan dari Aktifitas Non Domestik di Surabaya Selatan .....	63
Gambar 4.6	Prediksi Besar Emisi CO <sub>2</sub> dari Aktifitas Non Domestik di Surabaya Selatan .....	64
Gambar 4.7	Prediksi Besar Emisi CH <sub>4</sub> dari Aktifitas Non Domestik di Surabaya Selatan .....	65
Gambar 4.8	Prediksi Potensi Energi Listrik dari Aktifitas Non Domestik di Surabaya Selatan .....	66

Gambar 4.9	Prediksi Pengurangan Emisi CH <sub>4</sub> dari Aktivitas Non Domestik di Surabaya Selatan .....	68
Gambar 4.10	10 Prediksi Besar Emisi CO <sub>2</sub> dari Aktivitas Non Domestik Keseluruhan di Surabaya Selatan .....	71
Gambar 4.11	Prediksi Besar Emisi CH <sub>4</sub> dari Aktivitas Non Domestik Keseluruhan di Surabaya Selatan .....	71
Gambar 4.12	Prediksi Potensi Energi Listrik dari Aktivitas Non Domestik Keseluruhan di Surabaya Selatan .....	73
Gambar 4.13	Prediksi Pengurangan Emisi CH <sub>4</sub> dari aktifitas Non Domestik Keseluruhan di Surabaya Selatan .....	74



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Luasan masing-masing Kecamatan di Kota Surabaya .....	8
Tabel 2.2	Jumlah Penduduk Kota Surabaya di Tiap Kecamatan pada Tahun 2014.....	9
Tabel 2.3	Kontribusi Emisi Gas Rumah Kaca di Indonesia.....	12
Tabel 2.4	Sektor Kegiatan Penyumbang Emisi Gas GRK di Indonesia	12
Tabel 2.5	Indeks Pemanasan Global Gas Rumah Kaca .....	15
Tabel 2.6	Kuantitas Tinja ( <i>feces</i> ) dan Air Seni ( <i>urine</i> ) .....	27
Tabel 2.7	Karakteristik Sampel Awal Tinja .....	27
Tabel 2.8	Nilai Kesetaraan Biogas dan Energi yang Dihasilkan ....	28
Tabel 2.9	Konversi Energi Gas Metana menjadi Energi Listrik ....	29
Tabel 4.1	Jumlah Penduduk di Surabaya Selatan tahun 2014 .....	52
Tabel 4.2	Jumlah Penduduk di Surabaya Selatan .....	55
Tabel 4.3	Jumlah dan rata-rata air limbah yang dihasilkan per KK...	55
Tabel 4.4	Jumlah Massa CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> Aktivitas Domestik di Surabaya Selatan .....	56
Tabel 4.5	Potensi Energi Listrik dari Aktivitas Domestik .....	58
Tabel 4.6	Pendapatan Total Listrik dari Aktivitas Domestik di Surabaya Selatan .....	59
Tabel 4.7	Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca dengan Pengalihan CH <sub>4</sub> dari Aktivitas Domestik .....	60
Tabel 4.8	Jumlah dan Data Rata-rata Air Limbah yang dihasilkan Dari Aktivitas Non Domestik serta Populasinya .....	62
Tabel 4.9	Jumlah Air Limbah yang Dihasilkan dari Aktivitas Non Domestik di Surabaya Selatan .....	63
Tabel 4.10	Jumlah Massa CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> dari Aktivitas Non Domestik di Surabaya Selatan .....	64
Tabel 4.11	Potensi Energi Listrik dari Aktivitas Non Domestik.....	66
Tabel 4.12	Pendapatan Total Listrik dari Aktivitas Non Domestik di Surabaya Selatan .....	67
Tabel 4.13	Pengurangan Emisi CH <sub>4</sub> dari Aktivitas Non Domestik.....	68

Tabel 4.14	Jumlah Air Limbah yang Dihasilkan Keseluruhan dari Aktivitas Non Domestik di Surabaya Selatan .....	70
Tabel 4.15	Jumlah Massa CO <sub>2</sub> dan CH <sub>4</sub> dari Aktivitas Non Domestik Keseluruhan di Surabaya Selatan .....	70
Tabel 4.16	Potensi Energi Listrik dari Aktivitas Non Domestik Keseluruhan di Surabaya Selatan .....	72
Tabel 4.17	Pengurangan Emisi CH <sub>4</sub> dari Aktivitas Non Domestik Keseluruhan di Surabaya Selatan .....	74
Tabel A	Lampiran Pengolahan Data Domestik di Surabaya Selatan....	85
Tabel B.1	Lampiran Pengolahan Data Non Domestik “Mall” di Surabaya Selatan .....	88
Tabel B.2	Lampiran Pengolahan Data Non Domestik “Hotel” di Surabaya Selatan .....	88
Tabel B.3	Lampiran Pengolahan Data Non Domestik “Rumah Makan” di Surabaya Selatan .....	88
Tabel B.4	Lampiran Pengolahan Data Non Domestik “Pertokoan” di Surabaya Selatan .....	89
Tabel B.5	Lampiran Pengolahan Data Non Domestik “Perkantoran” di Surabaya Selatan .....	89
Tabel B.6	Lampiran Pengolahan Data Non Domestik “Rumah Sakit” di Surabaya Selatan .....	90

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pembagian Wilayah Administratif Kota Surabaya .....	7
Gambar 2.2	Tipikal tangki septik .....	18
Gambar 2.3	Anaerobic Baffled Reactor .....	22
Gambar 2.4	Unit <i>Anaerobic Filter</i> sederhana .....	24
Gambar 3.1	Diagram Tahapan Penelitian .....	32
Gambar 3.2	Peta Wilayah Kecamatan Sawahan Kota Surabaya .....	39
Gambar 3.3	Peta Wilayah Kecamatan Wonokromo Kota Surabaya.....	40
Gambar 3.4	Peta Wilayah Kecamatan Karangpilang Kota Surabaya ...	41
Gambar 3.5	Peta Wilayah Kecamatan Dukuh Pakis Kota Surabaya .....	42
Gambar 3.6	Peta Wilayah Kecamatan Wiyung Kota Surabaya .....	43
Gambar 3.7	Peta Wilayah Kecamatan Wonocolo Kota Surabaya .....	44
Gambar 3.8	Peta Wilayah Kecamatan Gayungan Kota Surabaya .....	45
Gambar 3.9	Peta Wilayah Kecamatan Jambangan Kota Surabaya .....	46
Gambar 4.1	Prediksi Massa CO <sub>2</sub> Aktifitas Domestik di Surabaya Selatan .....	57
Gambar 4.2	Prediksi Massa CH <sub>4</sub> Aktifitas Domestik di Surabaya Selatan .....	57
Gambar 4.3	Potensi Energi Listrik dari Aktifitas Domestik di Surabaya Selatan .....	59
Gambar 4.4	Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca dengan Pengalihan CH <sub>4</sub> dari Aktifitas Domestik di Surabaya Selatan.....	61
Gambar 4.5	Prediksi Air Limbah yang Dihasilkan dari Aktifitas Non Domestik di Surabaya Selatan .....	63
Gambar 4.6	Prediksi Besar Emisi CO <sub>2</sub> dari Aktifitas Non Domestik di Surabaya Selatan .....	64
Gambar 4.7	Prediksi Besar Emisi CH <sub>4</sub> dari Aktifitas Non Domestik di Surabaya Selatan .....	65
Gambar 4.8	Prediksi Potensi Energi Listrik dari Aktifitas Non Domestik di Surabaya Selatan .....	66

Gambar 4.9	Prediksi Pengurangan Emisi CH <sub>4</sub> dari Aktivitas Non Domestik di Surabaya Selatan .....	68
Gambar 4.10	10 Prediksi Besar Emisi CO <sub>2</sub> dari Aktivitas Non Domestik Keseluruhan di Surabaya Selatan .....	71
Gambar 4.11	Prediksi Besar Emisi CH <sub>4</sub> dari Aktivitas Non Domestik Keseluruhan di Surabaya Selatan .....	71
Gambar 4.12	Prediksi Potensi Energi Listrik dari Aktivitas Non Domestik Keseluruhan di Surabaya Selatan .....	73
Gambar 4.13	Prediksi Pengurangan Emisi CH <sub>4</sub> dari aktifitas Non Domestik Keseluruhan di Surabaya Selatan .....	74

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pembangunan IPAL (Instalasi Pembuangan Air Limbah) skala komunal menjadi adalah satu pilihan untuk menangani limbah yang berasal dari aktifitas kegiatan non domestik agar tidak menjadi bahan pencemar makhluk hidup dan lingkungan setelah melalui tahap pengolahan yang pada akhirnya dibuang ke badan air. Terbatasnya anggaran daerah menyebabkan tidak semua wilayah mendapat fasilitas pengolahan air limbah. Hal tersebut dapat diatasi dengan meningkatkan swadaya masyarakat dalam pengelolaan air limbah rumah tangga. Salah satu upaya pemerintah Kota Surabaya dalam mewujudkan masyarakat peduli terhadap lingkungan ini.

Selain itu meningkatnya gas-gas rumah kaca tidak lepas dari kontribusi aktifitas manusia setiap harinya, salah satu contoh adalah penggunaan bahan bakar fosil sebagai bahan bakar untuk transportasi, maraknya penggunaan AC yang memakai bahan pendingin CFC dan banyaknya pembangunan bak penampungan air limbah domestik skala rumah tangga (tangki septik). Menurut Wahyono (2008) jika kecenderungan aktivitas manusia seperti ini tetap berlangsung maka pada abad yang akan datang suhu udara permukaan bumi akan naik antara 2,3°C sampai 7,0°C.

Air Limbah memiliki dampak yang hampir dilupakan yaitu gas yang dihasilkan pada fasilitas pengolahan air limbah domestik dan non domestik. Dimana gas yang dihasilkan dari IPAL komunal untuk non domestik maupun tangki septik untuk domestik ini diantaranya berupa gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan gas metana ( $\text{CH}_4$ ) yang merupakan gas penyebab efek rumah kaca (ERK). Gas yang dihasilkan ini dapat dimanfaatkan menjadi salah satu energi alternatif, energi alternatif itu adalah energi biogas. Biogas dapat dikategorikan sebagai bioenergi, karena energi yang dihasilkan berasal dari biomassa. Biomassa adalah materi organik berusia relatif muda yang berasal dari makhluk hidup atau produk dan limbah industri budidaya. Biogas adalah gas produk akhir pencernaan atau

degradasi anaerobik (dalam lingkungan tanpa oksigen) oleh bakteri-bakteri menthanogen (Houdkova dkk, 2008). Potensi dari gas metana pada instalasi tersebut ini dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit energi listrik. Seperti diketahui di Indonesia khususnya Kota Surabaya belum dimanfaatkannya hasil keluaran gas metana pada instalasi tersebut sebagai pembangkit listrik secara optimum. Dalam membangkitkan energi listrik diperlukan gas metana murni oleh sebab itu gas-gas lain dari hasil instalasi pengolahan air limbah diabaikan atau dihilangkan.

Semua negara yang ada di dunia memiliki tanggung jawab atas terjadinya pemanasan global. Pemanasan global diakibatkan oleh aktifitas yang dilakukan manusia baik itu di negara maju maupun di negara berkembang. Pemanasan global ini memberikan dampak yang sangat besar terhadap iklim dunia dan kenaikan permukaan laut. Pada umumnya, pemanasan global dikarenakan intensitas dari Efek Rumah Kaca (ERK) yang meningkat. Menurut Wahyono (2008), meningkatnya intensitas dari ERK ini disebabkan oleh meningkatnya gas-gas yang menyebabkan ERK. Gas-gas tersebut seperti uap air ( $H_2O$ ), karbon dioksida ( $CO_2$ ), metana ( $CH_4$ ),  $NO_2$ , Ozon dan CFC (gas buatan manusia).

Menurut Wahyono (2008) jika kecenderungan seperti ini tetap berlangsung maka pada abad yang akan datang suhu udara permukaan bumi akan naik antara  $2,3^{\circ}C$  sampai  $7,0^{\circ}C$ . Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk kota yang terjadi beberapa tahun ini secara langsung dapat menyebabkan terjadinya peningkatan volume air limbah yang dihasilkan warga dari hasil kegiatan mereka. Terjadinya pertambahan volume air limbah tersebut apabila tidak diikuti dengan prasarana dan sarana yang memadai nantinya akan menimbulkan dampak yang cukup besar terhadap lingkungan. Salah satu pengolahan air limbah yang sedang di jalankan oleh pemerintah Kota Surabaya Surabaya adalah program kerja berkerja sama dengan pihak swasta dan media untuk menciptakan Kota Surabaya yang sehat, bersih dan hijau melalui program Surabaya *Green and Clean* (SGC). Guna meminimalisasi pencemaran badan air oleh limbah rumah tangga di Kota Surabaya dapat dibangun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal di setiap permukiman dan setidaknya setiap permukiman memiliki IPAL berupa tangki septik untuk menangani limbah yang



dihasilkannya. Selain itu untuk aktifitas non domestik dapat dibangun IPAL komunal agar dapat menangani limbah yang dihasilkan.

Aktifitas manusia seperti yang telah dijelaskan diatas biasa terjadi di kota-kota besar. Fokus utama untuk kota yang akan dijadikan objek penelitian pada tesis ini adalah Kota Surabaya Bagian Selatan. Kota Surabaya merupakan salah satu kota besar di Indonesia, dimana jumlah penduduknya yang cukup padat. berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Surabaya tahun 2015, jumlah penduduk Kota Surabaya sebanyak 2.853.661 jiwa. Selain itu alasan memilih Surabaya bagian Selatan sendiri dikarenakan dalam beberapa tahun terakhir dari data Kecamatan dalam angka di Surabaya Selatan tidak mengalami pemekaran penduduk yang signifikan, dibandingkan dengan yang berada di wilayah Surabaya Barat dan Surabaya Timur serta fasilitas non domestik di Surabaya bagian Selatan relatif lebih lengkap dan fasilitas ini bersifat heterogen atau beranekaragam, sehingga dimungkinkan untuk memperoleh data perkantoran, Pertokoan, rumah sakit, rumah makan, hotel, dan mall. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk memprediksi potensi dari emisi gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CH}_4$  yang dihasilkan dari aktifitas domestik dan non domestik di Kota Surabaya khususnya di Surabaya Selatan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah penelitian ini adalah :

1. Berapaprediksi emisi gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CH}_4$  yang dihasilkan dari aktifitas tangki septik domestik dan IPAL non domestik di Surabaya Selatan selama tahun 2016 – 2026.
2. Berapa prediksi potensi biogas dan potensi energi listrik dari emisi gas  $\text{CH}_4$  yang dihasilkan dari aktifitas tangki septik domestik dan IPAL non domestik di Surabaya Selatan selama tahun 2016 – 2026.
3. Berapa prediksi pengurangan emisi gas rumah kaca dengan pengalihan emisi  $\text{CH}_4$  dari tangki septik domestic dan IPAL non domestik menjadi biogas di Surabaya Selatan selama tahun 2016 – 2026.
4. Bagaimana membuat kurva dan persamaan regresi dari :

- a. Prediksi emisi gas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> dari aktifitas tangki septik domestik dan IPAL non domestik di Surabaya Selatan selama tahun 2016 – 2026,
- b. Prediksi potensi biogas dan energi listrik dari aktifitas tangki septik domestik dan IPAL non domestik di Surabaya Selatan selama tahun 2016 – 2026,
- c. Prediksi potensi pengurangan emisi CH<sub>4</sub> dari tangki septik domestik dan IPAL non domestik jika dikonversi menjadi biogas di Surabaya Selatan selama tahun 2016 – 2026.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Memprediksi besarnya emisi gas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> yang dihasilkan dari aktifitas tangki septik domestik dan IPAL non domestik di Surabaya Selatan selama tahun 2016 – 2026.
2. Memprediksi besarnya potensi biogas dan potensi energi listrik dari emisi gas CH<sub>4</sub> yang dihasilkan dari aktifitas tangki septik domestik dan IPAL non domestik di Surabaya Selatan selama tahun 2016 – 2026.
3. Memprediksi pengurangan emisi gas rumah kaca dengan pengalihan emisi CH<sub>4</sub> dari tangki septik domestik dan IPAL non domestik menjadi biogas di Surabaya Selatan selama tahun 2016 – 2026.
4. Membuat kurva dan persamaan regresi dari :
  - a. Prediksi emisi gas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> dari aktifitas tangki septik domestik dan IPAL non domestik di Surabaya Selatan selama tahun 2016 – 2026,
  - b. Prediksi potensi biogas dan energi listrik dari aktifitas tangki septik domestik dan IPAL non domestik di Surabaya Selatan selama tahun 2016 – 2026,
  - c. Prediksi potensi pengurangan emisi CH<sub>4</sub> dari tangki septik domestik dan IPAL non domestik jika dikonversi menjadi biogas di Surabaya Selatan selama tahun 2016 – 2026.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah :

1. Sebagai kontribusi peneliti untuk instansi pemerintah tentang prediksi emisi gas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> yang dihasilkan dari aktifitas tangki septik domestik dan IPAL non domestik di Surabaya Selatan.
2. Sebagai kontribusi peneliti untuk instansi pemerintah tentang prediksi potensi biogas dan energi listrik yang dihasilkan dari aktifitas tangki septik domestik dan IPAL non domestik di Surabaya Selatan.
3. Sebagai kontribusi peneliti untuk instansi pemerintah tentang prediksi pengurangan emisi gas rumah kaca dengan pengalihan emisi CH<sub>4</sub> dari aktifitas tangki septik domestik dan IPAL non domestik di Surabaya Selatan.
4. Sebagai kontribusi peneliti untuk ilmu pengetahuan tentang persamaan regresi yang bias digunakan untuk memprediksi aktifitas tangki septik domestik dan IPAL non domestik di Surabaya Selatan.

#### **1.5 Ruang Lingkup**

Batasan masalah penelitian ini adalah :

1. Emisi gas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> yang diprediksi dihitung dari massa *feses* dan *urine* perorang/hari untuk populasi domestik dan non domestik selama tahun 2016 – 2026.
2. Data jumlah populasi domestik dan jumlah aktifitas non domestik didapatkan dari Monografi Kelurahan dan kecamatan dalam angka di Surabaya bagian Selatan
3. Perhitungan pemakaian air domestik rata-rata diperoleh dari rekening air/bulan melalui teknik sampling responden pada 37 kelurahan.
4. Perhitungan populasi non domestik dilakukan dengan teknik populasi ekuivalen dari pemakaian air populasi domestik dibandingkan dengan rekening air dari pemakaian air aktivitas non domestik melalui teknik sampling aktifitas pada 37 kelurahan.
5. Aktifitas non domestik menyangkut perkantoran, pertokoan, pasar modern/mall, rumah sakit, rumah makan dan hotel yang ada dalam Monografi Kelurahan.

6. Perhitungan emisi gas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> dan potensi energi listrik dilakukan dengan perhitungan pendekatan dari studi terdahulu Wati (2011) dan Waskito (2011).
7. Prediksi emisi gas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> untuk tahun 2016-2026 dilakukan dengan memakai perangkat lunak Minitab 2016.
8. Penelitian ini dilaksanakan dari Bulan Juni 2016 – Oktober 2016.

## BAB II

## TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1. Gambaran Umum Kota Surabaya

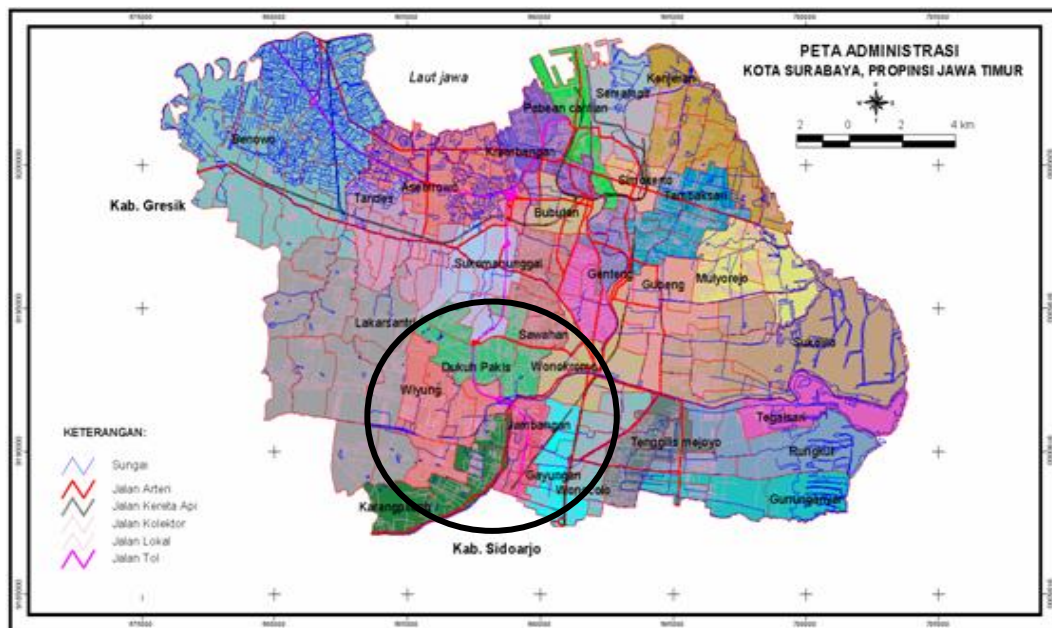
### 2.1.1. Letak Geografis Kota Surabaya

Kota Surabaya merupakan ibukota dari provinsi Jawa Timur dan terletak di daerah tepi pantai utara. Letak geografis Kota Surabaya pada 07°21'LS dan 112°36'-112°54'BT. Secara administrasi batas Kota Surabaya adalah sebagai berikut :

Sebelah Utara	= Selat Madura
---------------	----------------

Sebelah Utara	= Selat Madura
Sebelah Timur	= Selat Madura
Sebelah Selatan	= Kabupaten Sidoarjo
Sebelah Barat	= Kabupaten Gresik

Kota Surabaya secara umum dibagi menjadi lima wilayah administratif, dari lima administratif tersebut dibagi kembali menjadi 37 Kecamatan. Pada Gambar 2.1 disajikan mengenai pembagian wilayah untuk masing-masing Kecamatan dan pada Tabel 2.1 disajikan luas dari wilayah masing-masing Kecamatan di Kota Surabaya.



Gambar 2.1 Pembagian Wilayah Administratif Kota Surabaya  
(Sumber : P-SLHD Kota Surabaya 2008)

Tabel 2.1 Luasan masing-masing Kecamatan di Kota Surabaya

No.	Wilayah	Kecamatan	Luas
1.	Surabaya Pusat	Tegalsari	429
		Genteng	404
		Bubutan	386
		Simokerto	259
2.	Surabaya Utara	Pabean Cantikan	680
		Semampir	876
		Krembangan	834
		Kenjeran	764
		Bulak	678
3.	Surabaya Timur	Tembaksari	899
		Gubeng	799
		Rungkut	2.108
		Tenggilis Mejoyo	552
		Gunung Anyar	971
		Sukolilo	2.369
		Mulyorejo	1.421
4.	Surabaya Selatan	Sawahan	693
		Wonokromo	847
		Karangpilang	923
		Dukuh Pakis	994
		Wiyung	1.246
		Wonocolo	678
		Gayungan	607
		Jambangan	419
5.	Surabaya Barat	Tandes	1.107
		Sukomanunggal	923
		Asemrowo	1.544
		Benowo	2.678
		Pakal	1.901
		Lakarsantri	1.605
		Sambikerep	2.042
Total			32.636

Sumber : Dinas Tata Kota dan Permukiman Tahun 2015

### 2.1.2. Demografi Kota Surabaya

Kota Surabaya merupakan kota berkembang dan memiliki jumlah penduduk mencapai 2.853.661 jiwa. Pertumbuhan penduduk Kota Surabaya pertahunnya sebesar 1,2%. Pada kenyataannya jumlah penduduk dan pertumbuhan penduduk jauh lebih tinggi dari persentase yang ada. Surabaya merupakan kota terbesar kedua setelah ibukota Jakarta sehingga banyak sekali penduduk pendatang bukan asli penduduk daerah Surabaya yang menetap di Surabaya yang mengakibatkan jumlah penduduk di Surabaya semakin bertambah. Kota Surabaya



merupakan pusat dari perdagangan dan pemerintahan di daerah Jawa Timur. Pada Tabel 2.2 disajikan jumlah dari penduduk tiap Kecamatan pada tahun 2014.

Tabel 2.2Jumlah Penduduk Kota Surabaya di Tiap Kecamatan pada Tahun 2014

No	Wilayah	Kecamatan	Jumlah Kelurahan	Jumlah Penduduk (Jiwa)
1.	Surabaya Pusat	Tegalsari	5	101.716
		Genteng	5	59.273
		Bubutan	5	101.812
		Simokerto	5	97.713
2.	Surabaya Utara	Pabean Cantikan	5	82.383
		Semampir	5	182.531
		Krembangan	5	115.638
		Kenjeran	4	146.757
		Bulak	5	40.642
3.	Surabaya Timur	Tambaksari	6	217.100
		Gubeng	6	136.621
		Rungkut	6	104.046
		Tenggilis Mejoyo	5	54.861
		Gunung Anyar	4	52.120
		Sukolilo	7	104.893
		Mulyorejo	6	82.773
4.	Surabaya Selatan	Sawahan	6	201.721
		Wonokromo	6	159.964
		Karangpilang	4	70.322
		Dukuh Pakis	4	58.429
		Wiyung	4	65.742
		Wonocolo	5	78.337
		Gayungan	4	44.092
		Jambangan	4	47.548
5.	Surabaya Barat	Tandes	12	89.469
		Sukomanunggal	5	97.909
		Asemrowo	5	42.973
		Benowo	5	55.754
		Pakal	5	48.484
		Lakarsantri	6	53.472
		Sambikerep	4	58.566
Total			163	2.853.661

Sumber : Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kota Surabaya 2015

## **2.2. Pemanasan Global**

### **2.2.1. Definisi Pemanasan Global**

Pemanasan global seperti kita ketahui adalah meningkatnya temperatur global pada permukaan bumi dikarenakan oleh gas rumah kaca atau GRK. Timbunan gas-gas rumah kaca seperti karbon dioksida, metana, nitrat oksida dan *clorofluorocarbon* (CFC) di atmosfer. Panas yang dilepaskan oleh matahari terperangkap oleh gas-gas ini, sehingga terjadi peningkatan suhu. Tetapi, menurut IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) ada dua hal yang sudah dapat dipastikan, yaitu :

1. Efek rumah kaca (ERK) alami di Bumi, dan
2. Gas-gas yang mengakibatkan efek rumah kaca (ERK) kini meningkat dalam atmosfer akibat ulah dari manusia.

Pemanasan global secara umum disebabkan oleh dua hal yaitu pembakaran fosil dalam industri, kendaraan bermotor, pembangkit listrik dan sebagainya dan emisi berbagai gas dari kegiatan industri termasuk juga penggunaan serta pembuatan CFC (Numberi, 2009). Tanpa sadar manusia berkontribusi terhadap pemanasan global yang terjadi karena kontributor terbesar gas rumah kaca adalah ulah manusia.

Menurut hukum fisika, panjang gelombang sinar yang dipancarkan sebuah benda tergantung pada suhu benda tersebut. Makin tinggi suhunya, akan semakin pendek panjang gelombangnya. Matahari dengan suhu yang tinggi memancarkan sinar dengan gelombang yang pendek. Namun sebaliknya permukaan bumi dengan suhu yang rendah, maka memancarkan sinar dengan gelombang panjang yaitu sinar infra merah. Sinar infra merah dalam atmosfer terserap oleh gas tertentu sehingga tidak terlepas ke angkasa luar. Panas yang terperangkap di dalam lapisan bawah atmosfer yaitu troposfer, sebagai akibat ditimbulkannya permukaan bumi dan troposfer menjadi naik suhu udaranya. Dan peristiwa inilah yang disebut dengan istilah efek rumah kaca (ERK). Jika kecenderungan seperti sekarang ini terus berlangsung, maka pada abad yang akan datang, suhu udara permukaan bumi akan naik antara 2,3°C sampai 7,0°C (Wahyono, 2008).

Gas-gas nitrogen dan oksigen yang dikandung pada atmosfer tidak menyerap maupun melepaskan radiasi panas dari sinar matahari. Adapun yang menyerap radiasi panas yang dilepaskan oleh permukaan bumi adalah uap air, karbon dioksida dan beberapa gas dalam jumlah kecil lainnya yang ada di atmosfer. Penyerapan ini menyebabkan perbedaan suhu sekitar 21°C dari suhu rata-rata di bumi sebenarnya. Penyelimutan ini dikenal dengan efek gas rumah kaca alami serta gas-gas yang berperan di dalamnya disebut dengan gas-gas rumah kaca. Efek ini disebut alami karena seluruh gas yang terdapat dalam atmosfer (kecuali klorofluorokarbon-CFCs) sudah ada jauh terlebih dahulu sebelum manusia ada di bumi (IPCC, 2006).

Banyaknya sumber penyebab pencemaran udara mengakibatkan semakin tingginya suhu panas bumi yang disebabkan oleh pemanasan global semua itu dikarenakan oleh berbagai pencemaran yang ada di bumi. Dan tanpa disadari manusia memiliki kontribusi terbesar sebagai pemicu dari pemanasan global. Kegiatan yang berkontribusi sebagai pencemaran udara antara lain adalah pembakaran bahan bakar fosil, pertanian, peternakan serta persampahan. Gas-gas pemicu dari pemanasan global antara lain karbon dioksida, metana, nitrous, oksida, sulfur heksafluorida, perfluorokarbon dan hidrofluorokarbon.

Pada dasarnya ada dua faktor penyebab peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK) yaitu kejadian alami dan antropogenik (campur tangan manusia). Faktor antropogenik masih dapat dibedakan antara faktor pembakaran BBF (bahan bakar fosil) dan alih-guna lahan khususnya kegiatan deforestasi. Faktor alami juga dibedakan atas faktor internal (interaksi atmosfer dan lautan) dan faktor eksternal (variasi input radiasi matahari dan letusan gunung berapi) (Cunha, 2016).

GRK yang dihasilkan dari kegiatan tersebut seperti karbondioksida, metana dan nitroksida menyebabkan meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca. Tabel 2.3 disajikan membahas mengenai gas-gas yang berkontribusi terhadap pemanasan global di Indonesia.

Tabel 2.3 Kontribusi Emisi GRK (Gas Rumah Kaca) di Indonesia

Gas	Ekuivalen Emisi CO <sub>2</sub>	Persentase dari Total Emisi GRK (%)
CO <sub>2</sub>	438.609,64	59,1
CH <sub>4</sub>	142.042,81	19,1
N <sub>2</sub> O	31.113,60	4,2
Lainnya	130.809,21	17,6
Total	742.575,26	100

Sumber : Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2009

Tabel 2.4 Sektor Kegiatan Penyumbang Emisi Gas GRK di Indonesia

Sektor	Emisi Ekuivalen Karbondioksida (CO <sub>2</sub> ) (Gg)	Persentase dari Total Emisi GRK (%)
Kehutanan dan Tata Guna Lahan	315.290,19	42,5
Energi dan Transportasi	303.829,95	40,9
Pertanian	99.515,24	13,4
Proses Industri	17.900,50	2,4
Limbah	6.039,39	0,8
Total	742.575,26	100

Sumber : Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2009

Negara Indonesia memiliki kontribusi terbesar gas rumah kaca yang berasal dari karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan gas kedua terbesar adalah yang mempengaruhi pemanasan global adalah gas metana (CH<sub>4</sub>). Mayoritas berada pada sektor pertanian (termasuk didalamnya peternakan). Pada Tabel 2.4 dapat diketahui kegiatan yang berperan dalam menyumbang emisi gas rumah kaca di Indonesia.

### 2.2.2 Karbondioksida(CO<sub>2</sub>)

Karbondioksida merupakan suatu persenyawa yang terdiri dari unsur karbon dan oksigen yang dinyatakan dengan simbol CO<sub>2</sub>. Karbon dioksida adalah suatu unsur yang pada suhu dan tekanan atmosfer berbentuk gas.

Manusia telah meningkatkan jumlah karbondioksida yang dilepas ke atmosfer ketika mereka membakar bahan bakar fosil, limbah padat, dan kayu untuk menghangatkan bangunan, menggerakkan kendaraan dan menghasilkan listrik. Pada saat yang sama, jumlah pepohonan yang mampu menyerap karbondioksida semakin berkurang akibat perambahan hutan untuk diambil kayunya maupun untuk perluasan lahan pertanian. Walaupun lautan dan proses

alam lainnya mampu mengurangi karbondioksida di atmosfer, aktifitas manusia yang melepaskan karbondioksida ke udara jauh lebih cepat dari kemampuan alam untuk menguranginya. Pada tahun 1750, terdapat 281 molekul karbondioksida pada satu juta molekul udara (281 ppm). Pada Januari 2007, konsentrasi karbondioksida telah mencapai 383 ppm (peningkatan 36 persen). Jika prediksi saat ini benar, pada tahun 2100, karbondioksida akan mencapai konsentrasi 540 hingga 970 ppm. Estimasi yang lebih tinggi malah memperkirakan bahwa konsentrasinya akan meningkat tiga kali lipat bila dibandingkan masa sebelum revolusi industri (Razak, 2007).

Pengundulan pohon merupakan salah satu aktifitas manusia yang dapat menurunkan kemampuan alam untuk menghilangkan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dari atmosfer, sedangkan pembakaran minyak bumi dan produksi semen dari batu kapur meningkatkan jumlah karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) di udara. Pengaruh total dari aktifitas tersebut adalah terjadinya kenaikan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) di atmosfer. Aktifitas yang paling banyak pengaruhnya terhadap kenaikan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) di atmosfer adalah pembakaran minyak bumi (Fardiaz, 1992).

Gas karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) sangat bermanfaat dalam menopang kehidupan bumi. Di atmosfer, keberadaan gas  $\text{CO}_2$  merupakan bahan fotosintesis tumbuhan hijau dan sifat rumah kacanya menjaga kesetimbangan suhu bumi. Banyak proses industri dalam ruang tertutup menggunakan gas karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ). Konsentrasi yang semakin meningkat di atmosfer menyebabkan kekhawatiran akan pemanasan global yang semakin tinggi. Dalam proses pembentukan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), banyak senyawa lain yang ikut dihasilkan dan perubahan fisik yang terjadi. Senyawa selain karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan perubahan fisik inilah sebenarnya yang berpotensi lebih berbahaya dibandingkan dengan  $\text{CO}_2$ -nya sendiri (Kamaruddin, 2016).

Senyawa dan perubahan fisik apa saja yang menyertai pelepasan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) ke atmosfer tergantung pada sumber dan prosesnya. Untuk mengetahui hal itu harus dikaji setiap sumber atau aktifitas yang menghasilkan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ). Sumber utama karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) adalah pembakaran bahan bakar fosil yang menyumbangkan sekitar 74% dari emisi total. Sumber karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) kedua adalah deforestasi, baik melalui proses pembusukan

maupun pembakaran menyumbang 23 persen. Sisanya, kurang dari 4 persen berasal dari industri, terutama industri semen, oksidasi karbonmonoksida CO di troposfer dan proses alamiah lainnya (Ataei, 2016).

Karbon yang terbakar tidak sempurna terbentuk menjadi senyawa gas monoksida (CO), hidrokarbon (HC) terutama metana (CH<sub>4</sub>) dan partikulat (asap, debu, dsb). Gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) adalah produk pembakaran yang paling kecil dampak negatifnya terhadap lingkungan. Gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) hanya bersifat rumah kaca dengan nilai GWP sangat kecil dibandingkan dengan metana (CH<sub>4</sub>) yang merupakan produk lain dari pembakaran karbon. Gas karbonmonoksida (CO) bersifat polutan yang membahayakan kesehatan bahkan bisa menyebabkan kematian, demikian juga hidrokarbon. Partikulat karbon merupakan polutan yang berdampak buruk pada kesehatan mata dan pernapasan, terutama jika ukurannya kurang dari 10 mikron karena partikulat berpotensi masuk ke sistem peredaran darah (Ataei, 2016).

Di troposfer, hidrokarbon melalui reaksi yang rumit akan terbentuk menjadi metana (CH<sub>4</sub>) dan metana (CH<sub>4</sub>) menjadi karbon monoksida (CO) dan selanjutnya menjadi karbondioksida (CO<sub>2</sub>). Jadi untuk meminimalkan dampak negatif di udara, karbon dalam bahan bakar terbakar menjadi karbondioksida (CO<sub>2</sub>). Oleh karena itu, diantara bahan bakar yang paling kecil dampak negatifnya terhadap lingkungan dan atmosfer adalah bahan bakar gas. Semakin kebetuk padat maka semakin banyak unsur karbon yang terbentuk menjadi selain karbondioksida (CO<sub>2</sub>) yang jauh lebih berbahaya dibandingkan dengan karbondioksida (CO<sub>2</sub>) (Chai, 2016).

### **2.2.3 Metana (CH<sub>4</sub>)**

Gas Metana adalah senyawa hidrokarbon paling sederhana yang berbentuk gas yang tidak berwarna dan tidak berbau dengan rumus kimia CH<sub>4</sub>. Selain itu sifat-sifat lain gas metana antara lain dapat terbakar pada kadar antara 5-15%, memiliki berat molekul 16,04 dan berat jenis atau *specific gravity* 0,554, titik didih -161°C dan memiliki kelarutan dalam air sekitar 35 mg/L pada tekanan 1 atm (Cunha dkk, 2016).

Metana (CH<sub>4</sub>) merupakan cemaran gas yang bersama sama dengan karbondioksida (CO<sub>2</sub>), CFC dan N<sub>2</sub>O menyebabkan efek rumah kaca sehingga

menyebabkan pemanasan global. Gas rumah kaca akan menyerap dan meneruskan radiasi panas dari matahari serta akan memantulkan balik radiasi gelombang panjang yang dilepaskan ke permukaan bumi sehingga bumi mendapatkan pemanasan dua kali. Efektivitas CH<sub>4</sub> dalam menangkap panas kira-kira 21 kali lebih besar dari CO<sub>2</sub> (Slamet, 2001).

Jumlah emisi gas metana ke atmosfer yang berasal dari sumber-sumber alamiah pada saat ini diperkirakan mencapai 208 juta ton pertahunnya. Dari keseluruhan sumber-sumber alamiah yang ada, sumber dari lahan basah (wetland) merupakan sumber yang terbesar yang jumlahnya diperkirakan sebanyak 170 Tg atau 170 juta ton pertahunnya. Sumber-sumber lainnya adalah emisi geologis (geological emissions) yang diperkirakan sebanyak 42- 64 juta ton/tahun, emisi dari danau-danau sekitar 30 juta ton per tahun dan emisi dari tumbuh-tumbuhan sebanyak 20-60 juta ton pertahunnya (US-EPA, 2010).

#### 2.2.4 Proses reduksi karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan metana (CH<sub>4</sub>)

Efek Rumah Kaca (ERK) adalah kenaikan suhu akibat pantulan panas dari bumi terperangkap oleh gas rumah kaca. Dalam keadaan normal dan seimbang, efek rumah kaca ini amat berguna bagi kehangatan di bumi sehingga kehidupan nyaman. Akan tetapi, saat ini konsentrasi gas rumah kaca menjadi lebih banyak akibat ulah manusia, seperti pembakaran bahan bakar minyak, pengundulan hutan serta menimbun sampah sehingga berdampak terjadinya pemanasan global.

Efek rumah kaca timbul karena gas rumah kaca memiliki indeks pemanasan global atau disebut juga potensi pemanasan gas rumah kaca seperti pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Indeks Pemanasan Global Gas Rumah Kaca

Jenis Gas Rumah Kaca	Potensi Pemanasan (ton CO <sub>2</sub> ekuivalen)
Karbondioksida (CO <sub>2</sub> )	1
Metana (CH <sub>4</sub> )	21
Nitrooksida (N <sub>2</sub> O)	310
Hydrofluorocarbon (HFCs)	500
Sulfurhexafluorida (SF <sub>6</sub> )	9200

Sumber : Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2009

Pada Tabel 2.5 dapat dijelaskan sebagai contoh efektivitas CH<sub>4</sub> dalam menyerap panas sekiranya 21 kali lebih besar daripada CO<sub>2</sub>. Meskipun

karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) memiliki potensi pemanasan lebih kecil tetapi memiliki konsentrasi di atmosfer paling besar sehingga perlu dilakukan proses reduksi terhadap karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ).

Pemanasan global ini akan diikuti dengan perubahan iklim, seperti peningkatan curah hujan di beberapa belahan bumi sehingga menimbulkan bencana banjir dan longsor. Sebaliknya di belahan bumi yang lain mengalami musim kering yang berkepanjangan dan menimbulkan beberapa dampak terhadap kehidupan manusia diantaranya, lahan pertanian kehilangan kesuburannya, iklim menjadi tidak menentu dan mengganggu pertanian serta ketahanan pangan sedangkan nelayan akan terganggu karena meningkatnya intensitas badai.

Cara yang paling mudah dan dapat langsung diaplikasikan untuk mengurangi karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) di udara adalah dengan memelihara pepohonan dan menanam pohon lebih banyak. Pohon terutama yang muda dan cepat dalam pertumbuhannya, menyerap karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang banyak, memecahnya melalui proses fotosintesis dan menyimpan karbon dalam batang kayunya. Di bumi tingkat perambahan hutan telah mencapai level yang mengkhawatirkan. Di banyak area, tanaman yang tumbuh kembali sedikit karena tanah kehilangan kesuburannya ketika diubah untuk kegunaan yang lain, seperti untuk lahan pertanian atau pembangunan rumah tinggal. Langkah untuk mengatasi hal ini adalah dengan penghutanan kembali yang berperan dalam mengurangi semakin bertambahnya gas rumah kaca (Mahmudsyah, 2014).

Program CDM (*Clean Development Mechanism*) yang menjadi komitmen bagi semua negara mengurangi efek gas rumah kaca dan membantu negara berkembang dalam mencapai pembangunan berkelanjutan. Semakin tingginya tingkat kesadaran negara-negara di dunia terutama negara maju untuk mengurangi emisi karbon di bumi sehingga berkomitmen dalam pengurangan emisi global dengan menjadi tempat pelaksanaan proyek CDM.

Metana dalam biogas, bila terbakar akan relatif lebih bersih daripada batu bara dan menghasilkan energi yang lebih besar dengan emisi karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang lebih sedikit. Pemanfaatan biogas memegang peranan penting dalam manajemen limbah karena metana merupakan gas rumah kaca yang lebih



berbahaya dalam pemanasan global bila dibandingkan dengan karbondioksida (CO<sub>2</sub>).

## **2.3 Tangki Septik (Sebagai Mayoritas IPAL Domestik)**

### **2.3.1 Definisi Tangki Septik**

Hampir tiap hari manusia menghasilkan air limbah. Air limbah yang dihasilkan ada dua jenis yaitu *black water* dan *grey water*. *Black water* berasal dari kamar mandi/ kakus yang di dalamnya terdiri dari urine, tinja air dan air pembersih kotoran yang dipakai untuk mengelontor kotoran manusia sedangkan *grey water* berasal dari air bekas mandi, mencuci pakaian dan buangan cairan dari dapur. Dalam hal ini penelitian ini hanya dibahas mengenai *black water* untuk aktifitas domestik dan non domestik. Tangki septik adalah suatu ruangan atau beberapa ruangan kedap air yang berfungsi menampung atau mengolah kotoran dan air pengelontor *black water* dari kamar mandi (Soedjono dkk, 2010).

Tinja atau kotoran manusia yang ditampung dalam tangki septik akan mengalami pengendapan dan nantinya akan dapat diuraikan oleh mikroorganisme yang ada dalam tangki septik secara lambat laun tinja akan mengalami penguraian dan akan berbentuk lumpur yang disebut juga sebagai lumpur tinja (Mara, 2003 dalam Yuliasuti, 2007).

Lumpur tinja yang telah mengendap didalam tangki septik berupa material yang berbentuk padatan dan cairan yang merupakan hasil dari pengolahan air limbah *black water* dalam tangki septik. Komposisi yang terdapat pada lumpur tinja berupa zat-zat organik, lemak (minyak), pasir (*grit*) yang berpotensi sebagai tempat virus, penyakit, bakteri dan parasit.

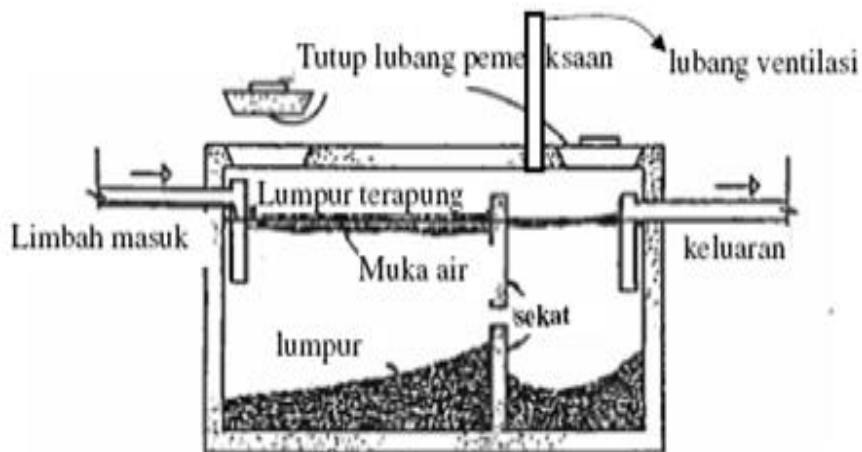
Tangki septik umumnya dimiliki oleh tiap rumah, namun pada kenyataannya masih ada masyarakat yang belum memiliki tangki septik. Banyak juga yang memiliki tangki septik namun belum memenuhi syarat tangki septik yang baik.

### **2.3.4 Konstruksi dan Pemeliharaan Tangki Septik yang Baik**

Pada umumnya konstruksi dasar pada bangunan tangki septik menggunakan bahan bangunan kuat, tahan terhadap asam dan kedap air. Sedangkan pada penutup dan pipa penyalur dapat menggunakan batu kali, batu merah, batako, beton bertulang, beton tanpa tulang, PVC, keramik, plat besi, plasti

dan besi. Bangunan tangki septik umumnya terdiri dari dua ruangan, ruang pertama merupakan ruang pengendapan lumpur dan ruang yang kedua merupakan ruang pengendapan bagi padatan yang tidak terendapkan pada ruang pertama. Bentuk dan ukuran tangki septik harus disesuaikan dengan debit pemakai.

Ruang pertama merupakan ruang pengendapan lumpur. Volume ruang pertama ini memiliki volume 40–70% dari keseluruhan volume tangki septik. Pada ruang kedua merupakan ruang pengendapan bagi padatan yang tidak terendapkan pada ruang pertama. Panjang ruangan pertama dari tangki septik sebaiknya dua kali panjang ruangan kedua, dan panjang ruangan kedua sebaiknya tidak kurang dari 1 m dan dalamnya 1,5 m atau lebih, dapat memperbaiki kinerja tangki. Kedalaman tangki sebaiknya berkisar antara 1,0 – 1,5 m. Sedangkan celah udara antara permukaan air dengan tutup tangki (free board) sebaiknya antara 0,3 sampai 0,5 m . Tangki septik harus dilengkapi dengan lubang ventilasi (dipakai pipa Tee) untuk pelepasan gas yang terbentuk dan lubang pemeriksaan yang digunakan untuk pemeriksaan kedalaman lumpur serta pengurasan. Jarak antara resapan dan sumber air untuk keamanannya disyaratkan minimal 10 m. (tergantung aliran air tanah dan kondisi porositas tanah). Pada Gambar 2.2 telah disajikan contoh tangki septik dengan dua ruangan.



Gambar 2.2 Tipikal tangki septik  
(Sumber : SNI 03-2398-1991)

Kriteria lokasi pembangunan tangki septik yang baik yakni ;

- a. Memiliki area yang cukup luas,
- b. Bahan bangunan dari tangki septik harus lebih tahan terhadap keasaman dan kedap air,
- c. Bagian bawah atau tangki pengumpul tinja lebih dititik beratkan pada pencegahan pencemaran tanah dan air tanah semaksimal mungkin,
- d. Di Indonesia, umumnya jarak yang berlaku antara sumber air dan lokasi jamban berkisar antara 8 s/d 15 meter atau rata-rata 10 meter,
- e. Selain itu pemilihan teknologi pada bagian bawah jamban (pengumpul tinja) sangat tergantung dari jenis tanah dari lokasi yang akan direncanakan karena jenis tanah setiap daerah berbeda.

Penggunaan dan pemeliharaan tangki septik menurut UP3D LPPM-ITS (2009) yakni ;

- a. Dilarang membuang benda-benda yang tidak mudah hancur seperti tissu, pembalut, puntung rokok, pembungkus produk, dsb kedalam tangki septik,
- b. Diperlukan pengurasan jika tangki septik penuh atau tersumbat,
- c. Hanya menerima buangan kakus atau *feces* saja, tidak untuk air bekas mandi atau cuci (*grey water*),
- d. Penyedotan tangki septik secara berkala harus dilakukan endapan (*sludge*) dan kotoran (*scum*) mencapai  $\frac{2}{3}$  dari kapasitas tangki dan umumnya setiap 2-5 tahun,
- e. Tidak membuang bahan-bahan kimia berbahaya ke dalam tangki septik, seperti insektisida, karbol pembersih lantai dan pemutih pakaian,
- f. Lumpur hasil pengurasan tidak boleh dibuang ke sungai atau ke tempat terbuka tetapi harus dibuang ke tempat pembuangan akhir Instalasi Pembuangan Lumpur Tinja atau IPLT.

Berikut ini merupakan beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemeliharaan tangki septik :

- a. Penumpukan endapan lumpur mengurangi kapasitas tangki septik sehingga isi tangki septik harus dibersihkan minimal sekali setahun,

- b. Penggunaan air sabun dan disinfektan seperti fenol sebaiknya dihindari karena dapat membunuh flora bakteri dalam tangki septik,
- c. Tangki septik baru sebaiknya diisi dahulu dengan air sampai seluran pengeluaran kemudian dilapisi dengan lumpur dari tangki septik lain untuk memudahkan proses dekomposisi oleh bakteri.

### **2.3.5 Mekanisme Kerja yang ada di dalam Tangki Septik**

Tangki septik terdiri dari tangki sedimentasi yang kedap air digunakan sebagai tempat tinja dan air buangan masuk dan akan mengalami dekomposisi. Di dalam tangki ini tinja akan berada selama beberapa hari. Selama waktu tersebut tinja akan mengalami dua proses yakni proses kimiawi dan proses biologis (Notoatmodjo, 2007).

#### **2.3.3.1 Proses Kimiawi**

Akibat penghancuran tinja akan direduksi dan sebagian besar (60-70%) zat-zat padan akan mengendap di dalam tangki sebagai *sludge*. Zat-zat yang tidak dapat hancur bersama-sama dengan lemak dan busa akan mengapung dan membentuk lapisan yang menutup permukaan air dalam tangki tersebut. Lapisan ini disebut *scum* atau buih yang berfungsi mempertahankan suasana anaerobik dari cairan dibawahnya yang memungkinkan bakteri-bakteri anaerob dapat tumbuh subur dan yang akan berfungsi pada proses berikutnya.

#### **2.3.3.2 Proses Biologis**

Dalam proses ini terjadi dekomposisi melalui aktivitas bakteri anaerob dan fakultatif anaerob yang memakan zat-zat organik dalam *sludge* dan *scum*. Hasilnya, selain terbentuknya gas dan zat cair lainnya adalah juga pengurangan volume *sludge* sehingga memungkinkan tangki septik tidak cepat penuh. Kemudian cairan *effluent* sudah tidak mengandung bagian-bagian tinja dan memiliki BOD yang relatif rendah. Cairan *effluent* ini akhirnya dialirkan keluar melalui pipa dan masuk ke dalam tempat perembesan atau peresapan. Kedua tahapan diatas berlangsung dalam tangki septik.

Air buangan yang berasal dari *Water Closet* masuk kedalam bejana atau tangki akan mengendap, terpisah antara benda cair dengan benda padatnya.

Benda padatan yang mengendap di dasar tangki dalam keadaan tanpa udara akan diproses secara anaerobik oleh bakteri sehingga kandungan organik di dalamnya akan terurai. Akibatnya, setelah kurun waktu tertentu tangki septik tersebut sudah penuh dan isinya dikeluarkan maka sisa padatan sudah tidak berbau lagi seperti halnya jika kotoran atau tinja tersebut dibiarkan diluar tangki septik. Permasalahannya adalah untuk benda cair setelah padatannya dipisahkan, karena di dalam cairan tersebut masih akan terkandung sejumlah mikroba yang mungkin masih bersifat patogen (dapat menyebabkan penyakit). Karenanya salah satu cara pemecahan yang banyak digunakan adalah dengan menggunakan resapan untuk mengalirkan cairan setelah benda padatnya mengendap. Cara resapan yang digunakan adalah dengan membuat lapisan yang terdiri dari batu kerikil dibawah tanah sehingga air yang meresap masih mendapatkan suplai oksigen (aerobik), sehingga mikroba patogen akhirnya akan mati.

## **2.4 IPAL Komunal dan IPAL Setempat (Sebagai Mayoritas IPAL Non Domestik)**

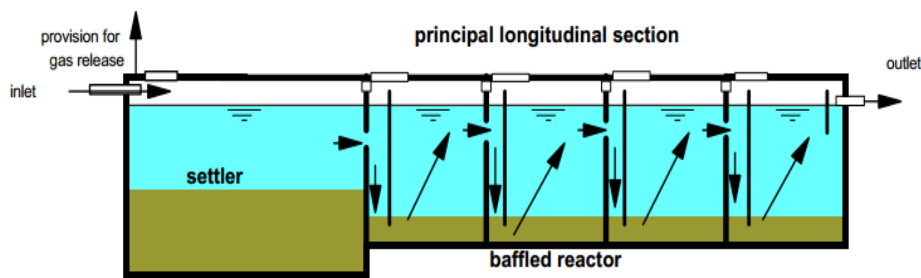
### **2.4.1 *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)***

Tangki septic bersekat atau lebih dikenal dengan sebutan *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) adalah pengolahan air limbah yang dikembangkan oleh McCarty dan rekan. Cara kerja ABR ini adalah dengan menggunakan beberapa bak atau kompartemen yang memiliki fungsi yang berbeda-beda. Air limbah yang masuk pada tangki akan diolah secara bertahap, Bak pertama akan menguraikan materi organik yang mudah terurai dan demikian seterusnya bak berikutnya akan menguraikan material yang lebih sulit terurai (Direktorat PPLP, 2012).

*Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) merupakan teknologi tangki septik yang diperbaiki karena terdapat dinding penyekat yang membuat air limbah mengalir melewatinya, dimana peningkatan waktu kontak dengan biomas aktif menghasilkan perbaikan pengolahan. Unit ini dirancang agar aliran air limbah akan turun kemudian naik kemudian turun kembali yang menyebabkan aliran *influent* air limbah lebih terkontak dengan biomassa anaerobik, sehingga meningkatkan kinerja pengolahan.

Penurunan BOD dalam ABR lebih tinggi daripada tangki septik, yakni sekitar 70-95%. ABR perlu dilengkapi dengan saluran udara dan diperlukan sekitar 3 bulan untuk menstabilkan biomassa di awal proses (Sasse, 1998).

Teknologi ABR ini mudah beradaptasi dan dapat digunakan di tingkat rumah tangga atau lingkungan kecil yang menggunakan jumlah air yang cukup banyak untuk mencuci, dan penggelontoran. teknologi ini juga cocok untuk daerah yang lahannya sempit karena tangki dapat dipendam kedalam tanah. Teknologi ini tidak boleh diterapkan di area dengan muka air yang tinggi karena ditakutkan terjadinya kebocoran atau infiltrasi dan mengkontaminasi atau mempengaruhi proses didalam ABR. Gambar 2.3 berikut adalah gambar ABR menurut Sasse (1998).



Gambar 2.3 Anaerobic Baffled Reactor  
(Sumber : Sasse, 1998)

Menurut Barber dkk(1999) beberapa keuntungan unit *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR), yakni:

1. Dari segi konstruksi, membutuhkan biaya yang rendah, desain sederhana, tidak membutuhkan pengaduk mekanik, dapat mengurangi terjadinya penyumbatan, serta mengurangi terjadinya ekspansi *sludge bed*.
2. Dari besarnya biomassa, tidak memerlukan biomassa dengan pengendapan khusus, pertumbuhan lumpur rendah, *Solid Retention Time* (SRT) tinggi.
3. Dari segi pengoperasian, *Hydraulic Retention Time* (HRT) yang dihasilkan rendah, memungkinkan operasi secara *intermitten*, melindungi material dari bahan *toxic* pada influen, pengoperasiannya panjang serta tingkat stabilitasnya tinggi terhadap *organic shock*.

Sedangkan menurut Direktorat PPLP (2011), beberapa keuntungan dan kekurangan dari penggunaan unit *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR).

Kelebihan :

1. Lahan yang dibutuhkan sedikit karena dibangun di bawah tanah,
2. Biaya pembangunan kecil,
3. Biaya pengoperasian dan perawatan murah dan mudah,
4. Efisiensi pengolahan limbah tinggi.

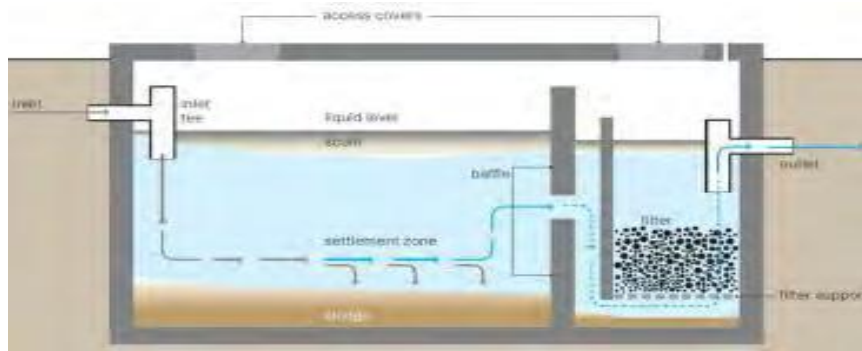
Kekurangan :

Diperlukan tenaga ahli untuk mendesain dan pengawasan serta diperlukan tukang ahli untuk pekerjaan plester berkualitas tinggi.

#### **2.4.4 Anaerobic Filter (AF)**

*Anaerobic Filter* (AF) merupakan jenis pengolahan limbah secara biologis dengan menggunakan sistem media *biofilm* sebagai tempat lekatan bagi bakteri untuk menyisihkan padatan tersuspensi maupun terlarut (Morel dkk, 2006). Seperti halnya bak pengendap dan *anaerobic baffled reactor*, *anaerobic filter* juga didasarkan pada kombinasi pengolahan fisik (pengendapan) dan pengolahan biologis (penguraian secara *anaerobic*). AF terdiri atas tangki kedap air yang memiliki beberapa lapisan media yang terendam, menyediakan area permukaan untuk mengendap. Aliran air limbah yang biasanya melewati filter dari bawah ke atas (*up flow*) yang akan bertemu dengan biomassa yang terlekat pada filter dan akan terjadi degradasi anaerobik (Morel dkk, 2006).

AF digunakan untuk air limbah dengan persentase padatan tersuspensi (*Suspended Solid*) yang rendah dan rasio COD atau BOD yang kecil. AF cocok digunakan untuk limbah domestik dan limbah industri yang mengandung SS rendah. Pengolahan awal dengan pengendap atau bak pengendap diperlukan untuk menyisihkan padatan berukuran besar sebelum masuk ke filter (Sasse, 1998). Penangkapan biogas dapat dipertimbangkan bila konsentrasi BOD > 1000 mg/liter (Sasse, 1998). Gambar unit *Aerobic Filter* sederhana yang terintegrasi dengan ruang pengendap telah tersaji pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Unit *Anaerobic Filter* sederhana  
(Sumber : Tilley dkk, 2008)

*Anaerobic Filter* berbeda dengan bak pengendap yang juga mencakup pengolahan padatan terlarut dan tidak mengendap dengan cara melakukan kontak dengan massa bakteri aktif yang terdapat di media filter yang menguraikan material organik dengan waktu simpan (*retention time*) yang rendah. Prinsip kerjanya hampir sama dengan ABR dimana kontak dapat terjadi dengan mengalirkan air limbah dari ke bagian bawah dari sistem *up-flow* yang nanti akan langsung bertemu dengan biomassa yang mengendap dalam lumpur. *Anaerobic Filter* dalam pengoperasiannya memiliki kelebihan dan kekurangan menurut Morel dkk (2006).

Kelebihan :

1. Tahan terhadap lonjakan beban organik maupun hidrolik,
2. Tingkat reduksi BOD dan TSS yang tinggi,
3. Reduksi nutrient rendah sehingga *effluent* dapat digunakan untuk pengairan pertanian,
4. Produksi lumpur rendah,
5. Tidak memerlukan energi listrik,
6. Dapat diperbaiki dengan bahan material lokal,
7. Masa operasi yang panjang,
8. Tidak menyebabkan lalat dan bau bila dikelola dengan baik, dan
9. Biaya tidak terlalu mahal untuk pembangunan maupun operasionalnya.

Kekurangan :

1. Diperlukan pipa yang kuat dan cukup banyak untuk mengalirkan air limbah ke unit pengolahan,
2. Tingkat reduksinya rendah untuk patogen, padatan dan material organik



- serta pengolahan lebih lanjut perlu dilakukan,
3. Memerlukan pengurusan rutin,
  4. Hanya sesuai untuk pemukiman dengan tingkat kepadatan penduduk rendah, muka air rendah serta daerah bebas banjir,
  5. Pembersihan tangki secara manual sangat berbahaya bagi kesehatan jadi dibutuhkan pembersihan secara mekanik,
  6. Membutuhkan desain dan konstruksi dari tenaga ahli, dan
  7. Persiapan cukup lama.

## **2.5 Proses Pembentukan Karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan Metana ( $\text{CH}_4$ ) pada Tangki Septik, IPAL Komunal dan IPAL Setempat**

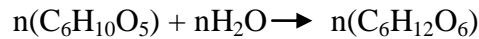
Dalam tangki septik terjadi proses anaerobik dimana proses itu merupakan proses yang digunakan sebagai stabilisasi lumpur. Pada proses anaerobik ini menghasilkan gas yang biasanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi dalam pengoperasian pabrik. Banyak keuntungan yang didapat dalam pengolahan secara anaerobik karena dalam prosesnya diperlukan energi yang lebih kecil, dibutuhkan nutrisi yang lebih sedikit, lumpur yang dihasilkan lebih sedikit, menghasilkan gas metana yang berpotensi sebagai sumber energi serta volume reaktor yang dibutuhkan lebih kecil (Metcalf dkk, 2003).

Menurut Polprasert (2007), gas yang terkandung dalam biogas tergantung dari beberapa faktor seperti komposisi limbah yang dipakai bahan baku, beban organik dari digester dan waktu serta temperatur dari penguraian yang dilakukan secara anaerobik. Walaupun adanya variasi dalam kandungan gas yang ada dalam biogas dapat diperkirakan bahwa kandungan gas berkisar pada nilai-nilai yakni Metana ( $\text{CH}_4$ ) berkisar 55-65%, Karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) berkisar 35-45%, Nitrogen ( $\text{N}_2$ ) berkisar 0-3%, Hidrogen ( $\text{H}_2$ ) berkisar 0-1% dan Hidrogen Sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) berkisar 0-1%. Proses yang terjadi dalam tangki septik adalah proses pengendapan dan secara anaerobik. Proses anaerobik dibagi menjadi 4 tahapan yaitu :

### **1. Tahap Hidrolisa**

Pada tahap ini, senyawa organik kompleks dipotong oleh kelompok mikroorganisme hidrolitik. Pemotongan senyawa ini berfungsi untuk dapat memudahkan transport melintasi membran sel bakteri (Akhilus dkk, 1991). Hasil yang didapat dari reaksi hidrolitik berupa molekul-molekul

sederhana dengan rantai pendek termasuk glukosa, asam amino, asam organik, ethanol, karbondioksida dan hidrokarbon yang dimanfaatkan sebagai sumber karbon dan energi bagi bakteri yang melakukan fermentasi. Proses hidrolisis di katalis oleh enzim yang dikeluarkan oleh bakteri seperti selullase, protease dan lipase. Rumus kimia untuk bahan organik adalah  $C_6H_{10}O_5$ .

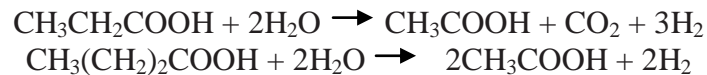


## 2. Tahap Pembentukan Asam Organik (*Acidogenesis*)

Setelah tahap hidrolisis kemudian dilanjutkan oleh pembentukan asam pada proses *acidogenesis*. Dalam proses ini, bakteri *acidogenesis* mengubah hasil dari tahap hidrolisis menjadi asam organik.

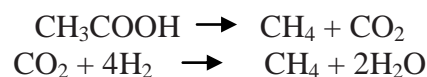
## 3. Tahap pembentukan asam asetat (*Acetogenesis*)

Pada tahap pembentukan asam asetat terjadi pembentukan senyawa asetat dari asam-asam organik yang dibentuk pada tahap sebelumnya. Karbondioksida ( $CO_2$ ) dan hidrogen dari molekul-molekul sederhana yang tersedia oleh bakteri *acetogenesis* (penghasil hidrogen).



## 4. Tahap pembentukan metana (*Methanogenesis*)

Pada tahap ini terjadi pembentukan gas metana dari senyawa asetat ataupun dari hidrogen dan karbondioksida ( $CO_2$ ) oleh bakteri methanogen. Salah satu fungsi dari bakteri methanogen adalah mengurangi akumulasi hidrogen seminimal mungkin di dalam media dengan jalan menggunakan hidrogen untuk mereduksi karbondioksida ( $CO_2$ ) menjadi produk akhir yang *inert* (gas yang tidak dapat bereaksi secara kimia dengan benda lain) yaitu  $CH_4$ . Proses *methanogenesis* terjadi optimum pada pH netral (6,8-7,4) dan apabila pH medium turun menjadi 6,4 atau lebih rendah, maka pembentukan gas metana dari hidrogen dan karbondioksida ( $CO_2$ ) akan terhambat. Menurut Mara (2003), Reaksi yang terjadi pada tahap *methanogenesis* adalah sebagai berikut :



### 2.5.1 Perhitungan emisi gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan metana (CH<sub>4</sub>) yang dihasilkan dalam tangki septik

Menurut Liu dkk (2008) diperoleh senyawa kimia yang ada dalam feces C<sub>1000</sub>H<sub>3310</sub>O<sub>860</sub>N<sub>1510</sub>S dan untuk urine adalah C<sub>1000</sub>H<sub>3310</sub>N<sub>1510</sub>S<sub>2</sub>. Dalam menghitung emisi gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan Metana (CH<sub>4</sub>) yang ada di dalam tangki septik menggunakan berat kering dari tinja dan urine dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Kuantitas Tinja (*feces*) dan Air Seni (*urine*)

Keterangan	Berat Basah	Berat Kering
	gr/orang.hari	
Tinja ( <i>feces</i> )	135-270	35-70
Air seni ( <i>urine</i> )	1.000-1.300	50-70
Jumlah	1.135-1.570	85-140

Sumber : Soeparman, 2002

Serta karakteristik sampel awal tinja menurut El Haq(2009) dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Karakteristik Sampel Awal Tinja

Parameter	Nilai
pH	7,3
Suhu	26°C
%N	6
COD	12.080 mg/L
%C	47,32
C/N	7,9
VS	4,222 g/L
TS	4,957 g/L

Sumber : El Haq, 2009

### 2.5.2 Konversi Biogas Menjadi Energi Listrik

Energi biogas sangat potensial untuk dikembangkan karena produksi biogas dari aktifitas domestik maupun non domestik kurang diperhatikan sebagai energi terbarukan terkhusus di Indonesia. Disamping itu, kenaikan tarif listrik, kenaikan bahan bakar LPG (*Liquefied Petroleum Gas*), premium, minyak tanah,

minyak solar, minyak diesel dan minyak bakar telah mendorong pengembangan sumber energi alternatif yang murah, berkelanjutan dan ramah lingkungan (Nurhasanah dkk, 2006).

Konversi energi biogas untuk pembangkit tenaga listrik dapat dilakukan dengan menggunakan gas turbin, *microturbine* dan *otto cycle engine* serta untuk skala rumah menggunakan PLTB mini atau Gas Generator. Pemilihan teknologi ini sangat dipengaruhi potensi biogas yang ada seperti konsentrasi metana ( $\text{CH}_4$ ) maupun tekanan biogas, kebutuhan beban dan ketersediaan dana yang ada (Saragih, 2010).

Sebagai pembangkit tenaga listrik, energi yang dihasilkan oleh biogas setara dengan 60-100 watt lampu selama 6 jam penerangan. Kesetaraan biogas dibandingkan dengan bahan bakar lain telah disajikan pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Nilai Kesetaraan Biogas dan Energi yang Dihasilkan

Aplikasi	1 m <sup>3</sup> biogas setara dengan
1 m <sup>3</sup>	Elpiji 0,46 Kg
	Minyak Tanah 0,62 Liter
	Minyak Solar 0,52 Liter
	Kayu Bakar 3,50 Kg

Sumber : Wahyuni, 2008

Dalam buku *Renewable Energy Conversion, Transmission and Storage* Bent (2007) bahwa 1 Kg gas metana setara dengan  $6,13 \times 10^7$  J, sedangkan 1 kWh setara dengan  $3,6 \times 10^6$  J. Untuk massa jenis gas metana  $0,656 \text{ kg/m}^3$  sehingga 1 m<sup>3</sup> gas metana menghasilkan energi listrik sebesar 11,17 kWh. Konversi energi gas metan menjadi energi listrik dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Konversi Energi Gas Metana menjadi Energi Listrik

Jenis Energi	Setara Energi	Referensi
1 Kg gas metana	$6,13 \times 10^7$ J	<i>Renewable Energy Conversion, Transmission and Storage</i> , Bent Sorensen, Juni 2007
1 kWh	$3,6 \times 10^6$ J	
1 m <sup>3</sup> gas metan massa jenis gas adalah 0,656 Kg/m <sup>3</sup>	$4,021 \times 10^7$ J	
1 m <sup>3</sup> gas metana	11,17 kWh	

Sumber : Bent, 2007

Perhitungan potensi energi listrik dari metana (CH<sub>4</sub>) dan karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dengan rumus,

$$E = V_{gm} \times FK$$

Dimana, E = Produksi Energi Listrik (kWh)

V<sub>gm</sub> = Jumlah volume gas metana (m<sup>3</sup>)

FK = Faktor Konversi (kWh / m<sup>3</sup>)

Untuk karbondioksida sendiri 1 m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> setara 0,672 Kg CO<sub>2</sub> dan 1 Kg CO<sub>2</sub> setara 21 Kg CH<sub>4</sub> dan diasumsikan komponen biogas yang ada mengandung CH<sub>4</sub> (60%) dan CO<sub>2</sub> (38%) serta lainnya (2%) (Bent, 2007).

## 2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai perhitungan emisi CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> dimana diantaranya menkonversi emisi tersebut ke energi listrik serta mereduksi emisi CH<sub>4</sub> telah dilakukan beberapa peneliti, diantaranya :

1. Penelitian yang dilakukan Wati (2011) mengenai pola dari penggunaan tangki septik masyarakat Kota Surabaya bagian Selatan serta menghitung besarnya kontribusi yang ada dalam tangki septik terhadap pemanasan global.
2. Penelitian yang dilakukan Finarta (2011) mengenai studi pola penggunaan tangki septik oleh masyarakat di Kota Surabaya bagian Utara dan menghitung besaran kontribusi yang ada dalam tangki septik terhadap pemanasan global.
3. Penelitian yang dilakukan Waskito (2011) mengenai kajian pemanfaatan limbah peternakan berupa *feses* dan *urine* di peternakan sebagai bahan baku biogas, kemudian mengkorelasi kapasitas energi listrik dari PLT Biogas yang dapat dibangkitkan serta kajian terhadap nilai karbon yang dapat diturunkan oleh pembangkit listrik tersebut jika diajukan sebagai proyek CDM (*Clean Development Mechanism*).
4. Penelitian yang dilakukan El Haq dkk (2009) mengenai potensi tinja manusia sebagai penghasil biogas dimana dilakukan perbandingan pengadukan terhadap tinja manusia tersebut untuk diketahui jumlah pengadukan mana yang memiliki potensi biogas yang lebih cepat.

5. Penelitian yang dilakukan Nugroho dkk (2014) mengenai penelitian yang dilakukan di Desa Pangpajung, Kecamatan Modung, Kabupaten Bangkalan, Madura dimana dilakukan pemanfaatan limbah dari ternak ruminansia menjadi energi biogas untuk mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan dari limbah ternak tersebut kemudian dibuatkan sebuah instalasi untuk menampung gas yang dihasilkan dari limbah tersebut lalu dimanfaatkan sebagai senengi listrik.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Umum**

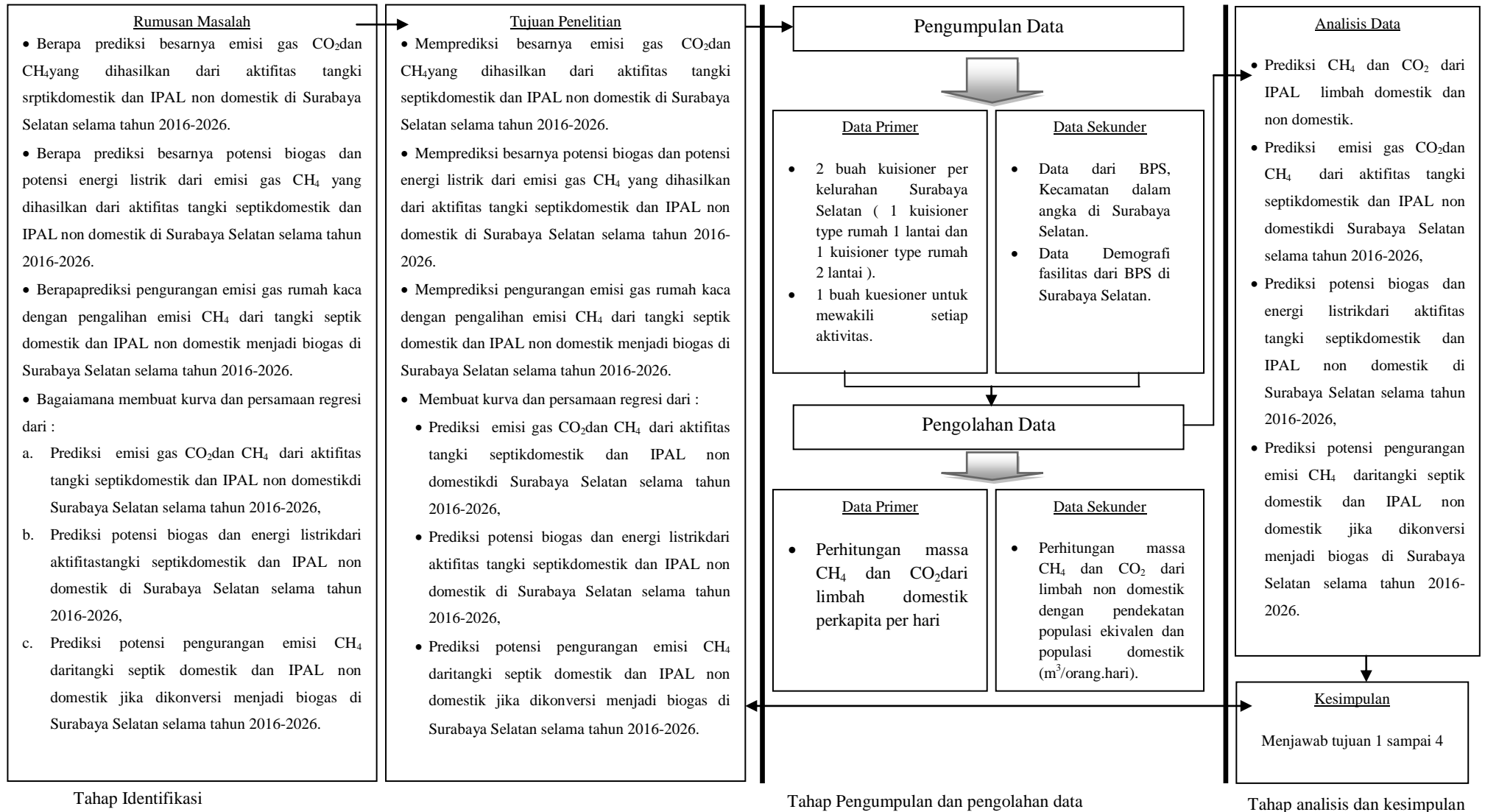
Metodologi penelitian ini digunakan sebagai tahapan awal yang dilakukan selama penelitian dan metodologi ini disusun berdasarkan pada permasalahan yang ada dalam ide guna mencapai tujuan penelitian. Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah untuk dapat memprediksi besarnya emisi karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan metana ( $\text{CH}_4$ ) dari aktifitas domestik dan non domestik serta potensi energi listrik yang dapat dihasilkan dari emisi tersebut di wilayah Surabaya Selatan.

#### **3.2 Kerangka Penelitian**

Kerangka penelitian digunakan untuk mengetahui hal-hal yang berkaitan dan berhubungan dengan penelitian yang akan dilaksanakan. Setiap tahap dalam kerangka penelitian ini digambarkan dalam metodologi penelitian yang digunakan sebagai pedoman pelaksanaan penelitian ini. Berikut adalah tujuan dari kerangka penelitian:

1. Menyusun tahapan awal penelitian secara sistematis untuk mengetahui gambaran awal dari tahapan-tahapan penelitian sehingga pelaksanaan penelitian dan penulisan laporan bisa lebih sistematis.
2. Mempermudah pelaksanaan dalam penelitian untuk mengetahui segala sesuatu yang berhubungan dan berkaitan dengan penelitian agar tujuan dari penelitian dapat tercapai.
3. Memperkecil dan menghindari terjadinya kesalahan dalam penelitian.

Untuk lebih jelasnya, kerangka penelitian atau diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Tahapan Penelitian



### **3.3 Rangkaian Kegiatan Penelitian**

#### **3.3.1 Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan untuk mencari informasi yang berkaitan dengan pemanasan global, efek rumah kaca dan emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan metana (CH<sub>4</sub>) dari hasil cemaran domestik maupun non domestik. Adapun sumber-sumber yang digunakan bisa berasal dari *textbook*, jurnal penelitian, artikel, internet, tugas akhir, thesis maupun data dari dinas terkait. Sumber pustaka yang digunakan meliputi:

1. Literatur tentang pemanasan global
2. Literatur tentang efek rumah kaca
3. Literatur tentang gas rumah kaca
4. Literatur tentang tangki septik
5. Literatur tentang teknik pembuatan angket
6. Literatur tentang teknik pengumpulan data
7. Literatur tentang teknik pengolahan data,
8. Literatur tentang perhitungan emisi metana (CH<sub>4</sub>) dan karbondioksida(CO<sub>2</sub>),
9. Literatur tentang perhitungan konversi emisi metana (CH<sub>4</sub>) dan karbondioksida(CO<sub>2</sub>) menjadi energi listrik.

#### **3.3.2 Teknik Pengumpulan dan Analisa Data**

Data kualitatif berbentuk deskriptif dan dapat berupa kata lisan atau tulisan tentang tingkah laku manusia yang dapat diamati. Menurut Patton (1990) data kualitatif dibagi menjadi tiga jenis yaitu :

1. Hasil pengamatan; uraian rinci tentang situasi, kejadian, interaksi dan tingkah laku yang diamati di lapangan.
2. Hasil pembicaraan; kutipan langsung dari pernyataan orang-orang tentang pengalaman, sikap, keyakinan dan pemikiran mereka dalam kesempatan wawancara mendalam.
3. Bahan tertulis; petikan atau keseluruhan dokumen, surat-menyurat, rekaman dan kasus sejarah.

### 3.3.3 Teknik Sampling

Menurut Arikunto (2006), sampel merupakan beberapa bagian yang mewakili dari populasi yang akan diteliti. Beberapa teknik pengambilan sampel, yaitu:

1. Sampel Acak/*Random Sampel*

Semua subjek dalam populasi dianggap sama, sehingga semua subjek mempunyai hak atau kesempatan yang sama untuk dipilih menjadi sampel.

2. Sampel Berstrata/*Stratified Sampel*

Pengambilan sampel dilakukan berdasarkan strata atau tingkatan-tingkatan yang berbeda. Dimana, semua strata harus diwakili sebagai sampel.

3. Sampel Wilayah/*Area Probability Sampel*

Sama dengan sampel strata yang diambil berdasarkan perbedaan tingkatan, maka sampel wilayah dilakukan apabila terdapat perbedaan ciri antara wilayah satu dengan lainnya.

4. Sampel Proporsi/*Proportional Sampel*

Ada kalanya subjek yang terdapat dalam setiap strata atau wilayah dapat berjumlah sama atau tidak. Agar representatif, maka pengambilan jumlah subjek dalam masing-masing strata atau wilayah ditentukan seimbang atau sebanding dengan banyaknya subjek dalam masing-masing strata atau wilayah.

5. Sampel Bertujuan/*Purposive Sampel*

Dilakukan dengan cara mengambil subjek bukan didasarkan atas strata atau wilayah atau random tapi didasarkan atas adanya pertimbangan dan tujuan tertentu, seperti: keterbatasan waktu, tenaga, dana sehingga tidak dapat mengambil sampel yang besar dan jauh.

6. Sampel Kuota/*Quota Sampel*

Tidak didasarkan diri berdasarkan pada strata atau daerah, tapi didasarkan diri pada jumlah yang telah ditentukan.

7. Sampel Kelompok/*Cluster Sampel*

Pengambilan sampel berdasarkan pada kelompok-kelompok yang bukan merupakan kelas atau strata. Di dalam menentukan jenis klaster atau kelompok harus dipertimbangkan masak-masak apa ciri-ciri yang ada.

#### 8. Sampel Kembar/*Double Sampel*

Dua buah sampel yang sekaligus diambil oleh peneliti dengan tujuan untuk melengkapi jumlah apabila terdapat data yang tidak masuk dari data pertama. Dengan kata lain, sampel kedua dilakukan sebagai pengecekan terhadap kebenaran dari sampel pertama. Pada umumnya, teknik yang digunakan dalam pengambilan sampel penelitian memang tidak tunggal tetapi merupakan gabungan dari dua atau tiga jenis teknik sampling. Hal tersebut dapat mempermudah proses perhitungan dan penentuan sampel dalam penelitian (Arikuntano, 2006).

#### 3.3.4 Teknik Pengumpulan Data

Menurut Sudjana (1996), langkah-langkah yang dapat ditempuh dalam usaha mengumpulkan data, antara lain:

1. Mengadakan penelitian langsung ke lapangan atau laboratorium terhadap obyek penelitian. Hasilnya dicatat untuk kemudian dianalisis.
2. Mengambil atau menggunakan sebagian atau seluruhnya, dari sekumpulan data yang telah dicatat atau dilaporkan oleh badan atau orang lain.
3. Mengadakan angket, yakni cara pengumpulan data dengan menggunakan daftar isian atau daftar pertanyaan yang telah disiapkan dan disusun sedemikian rupa sehingga calon responden tinggal mengisi atau menandainya dengan mudah dan cepat.

Kuesioner atau angket adalah sejumlah pertanyaan tertulis yang digunakan untuk memperoleh informasi dari responden dalam arti laporan tentang pribadinya atau hal-hal yang diketahuinya. Menurut Arikunto (2006), kuesioner dapat dibedakan atas beberapa jenis tergantung pada beberapa sudut pandang, antara lain:

a. Dari cara menjawab, yaitu:

1. Kuesioner terbuka adalah kuesioner yang memberi kesempatan kepada responden untuk menjawab dengan kalimatnya sendiri,
2. Kuesioner tertutup adalah kuesioner yang sudah disediakan jawabannya sehingga responden tinggal memilih atau menjawab.

b. Dipandang dari jawaban yang diberikan, yaitu:

1. Kuesioner langsung, dimana responden menjawab mengenai dirinya sendiri,
2. Kuesioner tidak langsung dimana responden menjawab mengenai orang lain.

c. Dipandang dari bentuknya, yaitu:

1. Kuesioner pilihan ganda, mempunyai makna yang sama dengan kuesioner tertutup,
2. Kuesioner isian, mempunyai makna yang sama dengan kuesioner terbuka,
3. *Check list* merupakan kuesioner yang berbentuk sebuah daftar dimana responden tinggal membubuhkan tanda (√) pada kolom yang sesuai,
4. *Rating scale* (skala bertingkat) merupakan kuesioner yang berbentuk sebuah pertanyaan diikuti oleh kolom-kolom yang menunjukkan tingkatan-tingkatan, misalnya mulai dari sangat setuju hingga ke sangat tidak setuju.

Metode pengumpulan data dengan cara kuesioner mempunyai keuntungan dan kelemahan tersendiri. Dimana keuntungan yang didapat adalah:

1. Tidak memerlukan kehadiran peneliti,
2. Dapat dibagikan secara serentak kepada banyak responden,
3. Dapat dijawab oleh responden menurut kecepatannya masing-masing dan menurut waktu yang dimiliki responden,
4. Dapat dicantumkan anonim, sehingga responden bebas, jujur dan tidak malu-malu menjawab,
5. Dapat dibuat terstandar sehingga bagi semua responden dapat diberi pertanyaan yang benar-benar sama.

Sementara kerugian dari kuesioner antara lain:

1. Ada kemungkinan responden kurang teliti dalam menjawab sehingga ada pertanyaan yang tidak dijawab, padahal untuk membagikan kuesioner ulang kepada responden tersebut sulit dilakukan,
2. Validitas datanya sering sukar didapat,
3. Walaupun tertulis anonim, terkadang beberapa responden memberikan jawaban yang tidak betul atau jujur secara sengaja,
4. Seringkali kuesioner tidak kembali, terutama jika dikirim melalui pos, hanya sekitar 20% angket yang dikirim lewat pos akan kembali,
5. Waktu pengembaliannya tidak serentak, bahkan terkadang ada yang terlambat karena terlalu lama mengirim.

Teknik membuat pertanyaan untuk angket atau kuesioner cara-cara mengajukannya yang dapat dipelajari dalam metode riset. Beberapa hal perlu diperhatikan dalam pembuatan kuesioner, antara lain:

1. Menyiapkan dan merencanakan keseluruhan kuesioner yang meliputi tenaga, bahan-bahan dan biaya secara baik,
2. Pertanyaan-pertanyaan dalam kuesioner harus singkat, jelas dan tidak menimbulkan bermacam-macam penafsiran atau persepsi yang berbeda serta mudah dipahami,
3. Tujuan pertanyaan-pertanyaan kepada obyek atau masalah sedang diteliti,
4. Mengajukan pertanyaan-pertanyaan yang pantas, sopan, dan diusahakan tidak akan menyinggung perasaan calon responden Untuk memudahkan jalannya pengisian sekaligus menghemat waktu pengisian kuesioner, sebaiknya pertanyaan dalam kuesioner berbentuk pilihan. Dimana, pertanyaan disertai dengan beberapa jawaban yang akan mungkin timbul, sehingga responden hanya tinggal mencoret atau memberi tanda pada tempat yang telah disediakan..

### **3.3.5 Pengumpulan Data**

Untuk mendapatkan data yang diperlukan, dilakukan pengumpulan data secara sistematis dan standar. Dalam penelitian tesis ini, data dikumpulkan dibagi menjadi dua jenis berdasarkan sumber yang berbeda, yaitu :

#### **a. Data Primer**

Data primer adalah data yang diperoleh dengan melakukan penelitian oleh peneliti sendiri. Dalam tesis ini, data primer didapat dari kuisisioner atau survey *Stratified Random Sampling* yang dilakukan kepada masyarakat (responden), untuk perhitungan volume air limbah domestik perorang perhari lewat pendekatan perhitungan air bersih ( $m^3$ /orang.hari).

#### **b. Data Sekunder**

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari sumber lain atau penelitian orang atau badan/organisasi lain. Data sekunder dalam tesis ini adalah data dari kecamatan dalam angka dari BPS (Badan Pusat Statistik) untuk perhitungan jumlah air limbah dari fasilitas non domestik (Perkantor, Pertokoan, Rumah Sakit, Pasar Modern / Mall, Rumah Makan dan Hotel).

### 3.3.5.1 Pengumpulan data primer

Pengumpulan data primer ini akan dilakukan dengan cara survey menggunakan kuesioner. Adapun tahap pengambilan data primer ini yaitu:

1. Penentuan area lokasi survey dan jumlah kuisisioner

Dimana lokasi survey diadakan di Surabaya Selatan. Dengan menggunakan teknik pengambilan sampel acak dan berstrata atau *Stratified and Random Sampling*, didapatkan dua lokasi responden dari 37 Kelurahan wilayah yang akan dijadikan tempat penyebaran kuesioner. Langkah-langkah penentuan lokasi responden tiap kelurahan pertiap kecamatan dari tiap wilayah yaitu dipilih satu tipe rumah dua lantai dan satu tipe rumah satu lantai. Dimana setiap rumah yang dipilih telah dihuni minimal 5 tahun dan merupakan penghuni tetap atau tidak berpindah-pindah.

2. Pembuatan Kuesioner

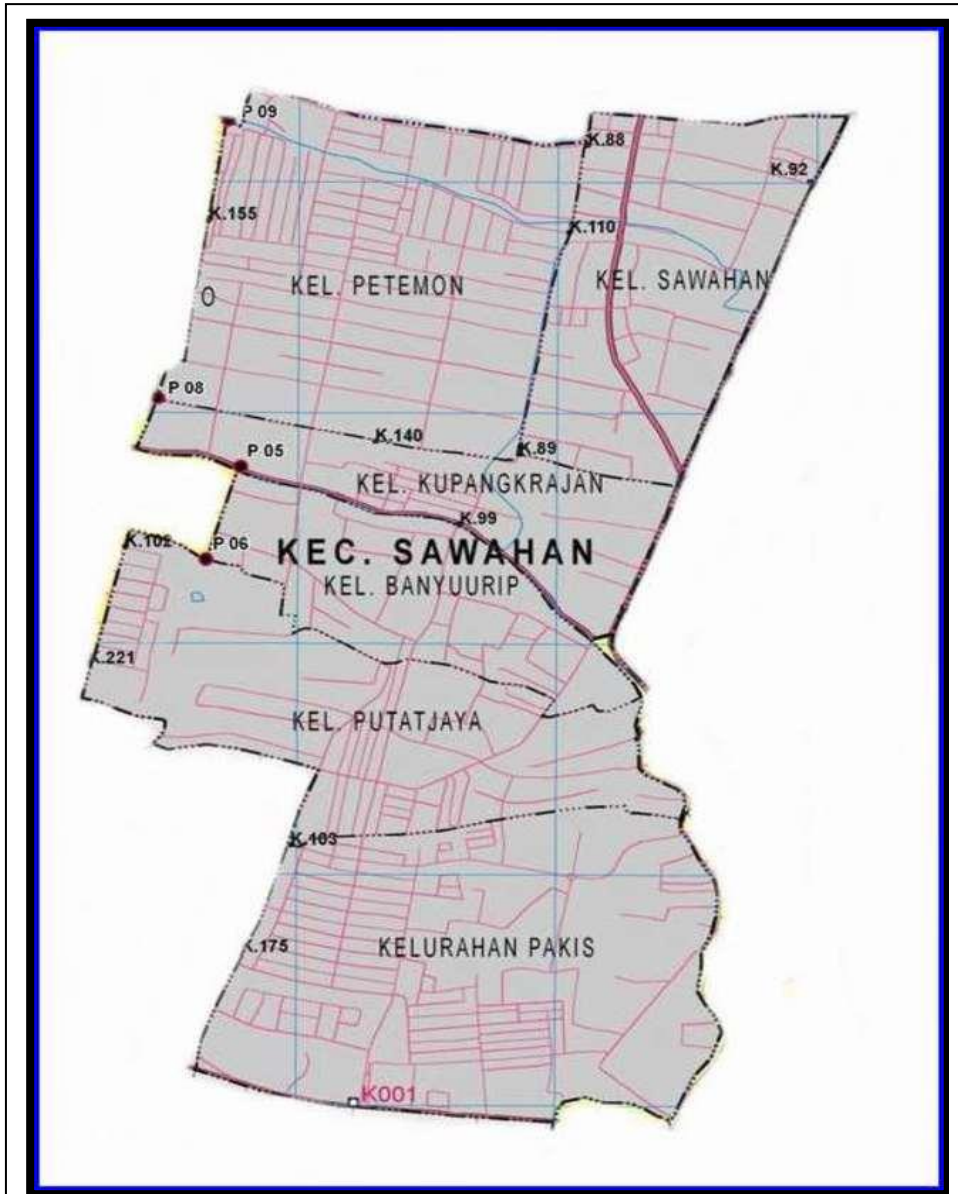
Pada tahap ini dilakukan pembuatan pertanyaan-pertanyaan isi dari kuesioner. Kuesioner ini berisi mengenai kebiasaan masyarakat terhadap penggunaan air bersih, penggunaan tangki septik serta penggunaan bahan bakar elpiji. Kuisisioner ini berupa kuisisioner pilihan ganda, dimana didalam kuisisioner tersebut telah disediakan jawaban sehingga responden bisa langsung memilih jawaban. Tujuan kuesioner ini adalah untuk memperoleh data untuk perhitungan volume air limbah perorang perhari dari pendekatan pemakaian air bersih perorang perhari. Dari hasil survey diketahui minat masyarakat tinggi akan adanya pengadaan instalasi apabila tidak mengeluarkan biaya dan sebaliknya apabila dikenakan biaya maka minat masyarakat berkurang tetapi sebagian masih mendukung apabila dilakukan pengadaan instalasi dengan iuran perbulannya.

### 3.3.5.2 Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder adalah data-data penunjang penelitian yang tidak didapatkan pada penelitian di wilayah studi. Melainkan didapatkan pada instansi-instansi yang terkait dalam penelitian ini, karena data ini dapat digunakan sebagai data awal penelitian serta sebagai pendukung atau acuan pendukung dalam melakukan analisa. Data Sekunder yang digunakan antara lain :

1. Data demografi penduduk tahun terakhir yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik Kota Surabaya.

a. Kecamatan Sawahan = 201.721 Jiwa (Luas : 693 m<sup>2</sup>).

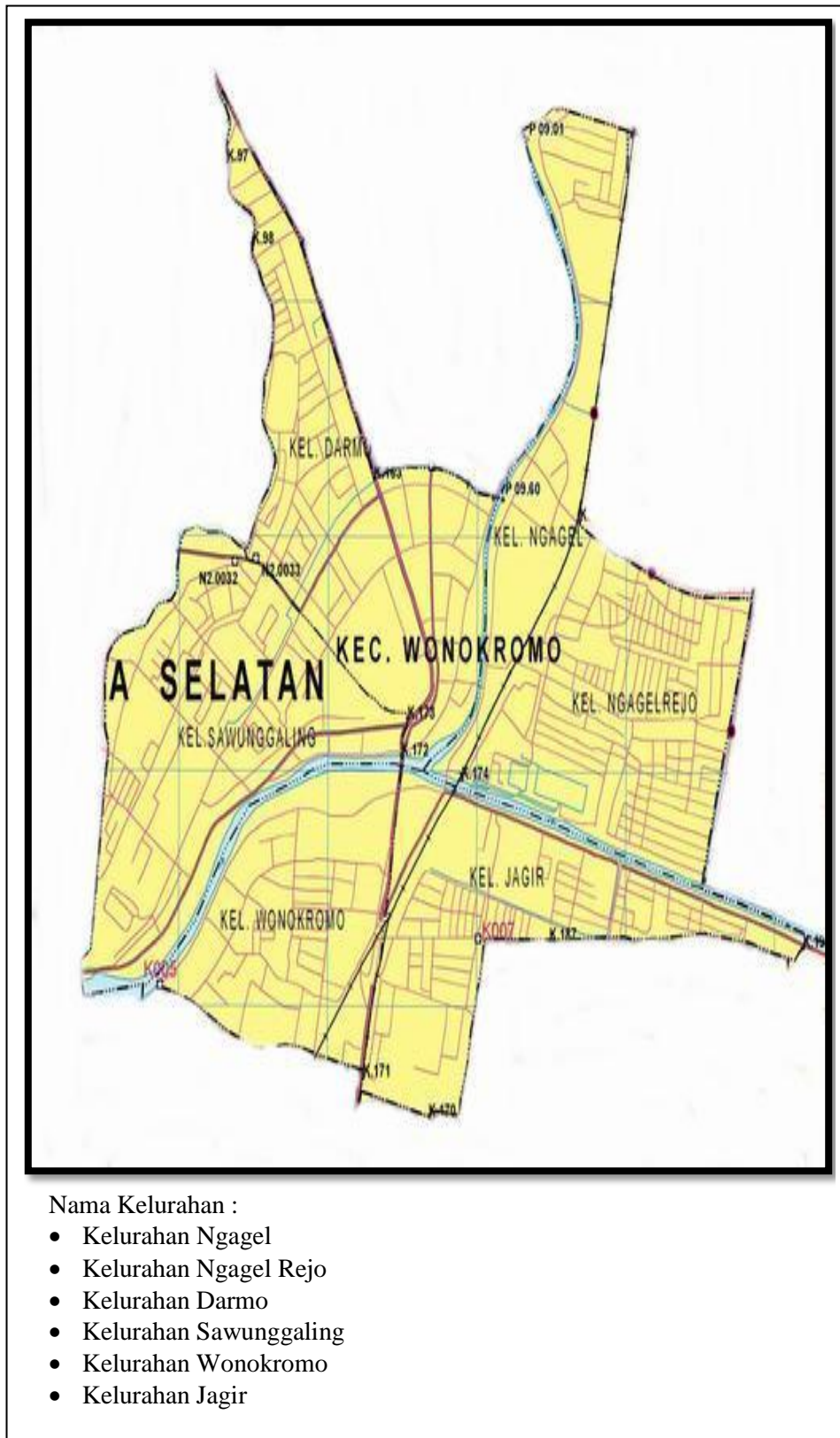


Nama Kelurahan :

- Kelurahan Petemon
- Kelurahan Sawahan
- Kelurahan Kupangkrajan
- Kelurahan Banyu Urip
- Kelurahan Putat Jaya
- Kelurahan Pakis

Gambar 3.2 Peta Wilayah Kecamatan Sawahan Kota Surabaya  
(Sumber : Data Google Map Tahun 2016)

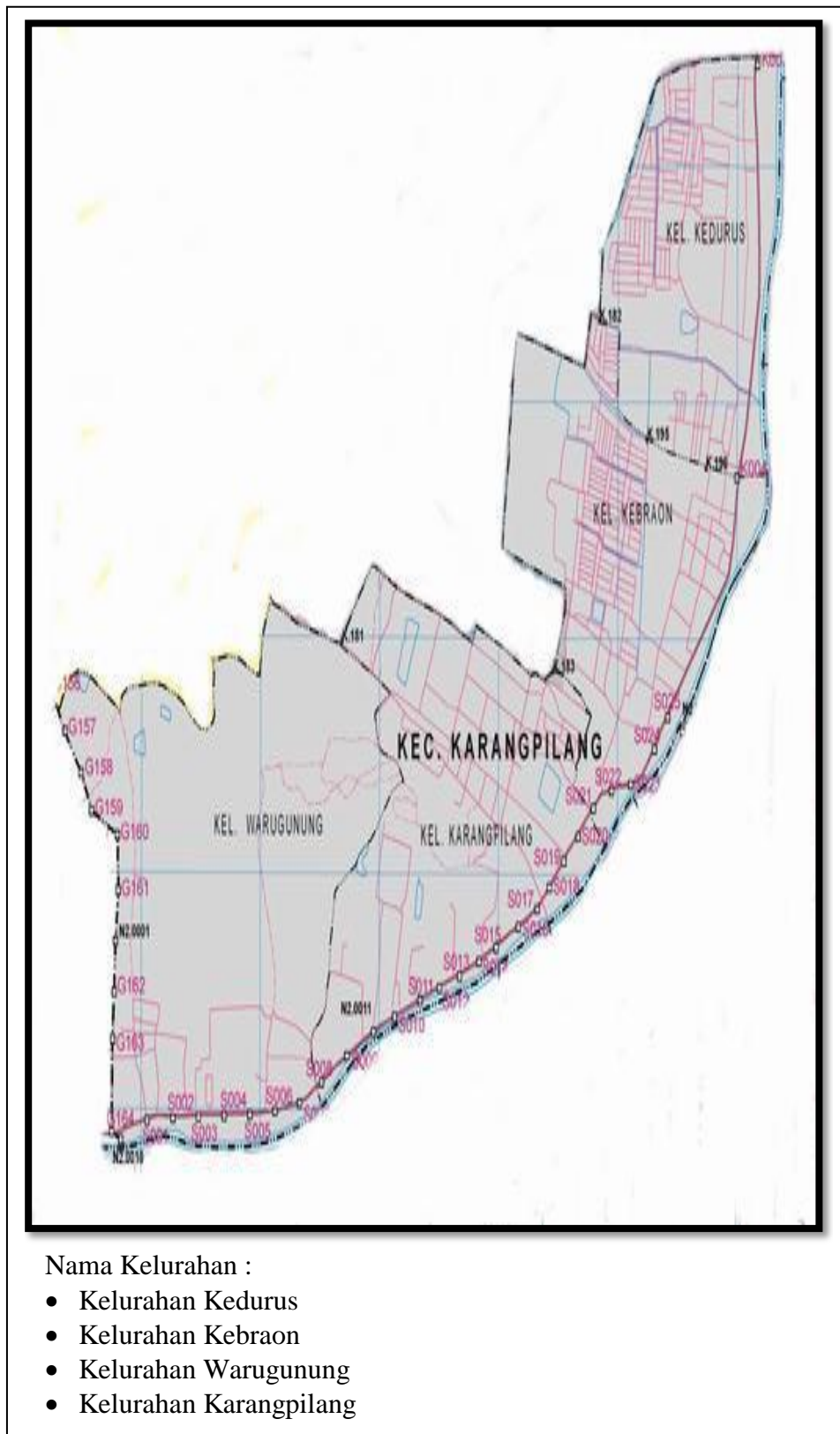
b. Kecamatan Wonokromo = 159.964 Jiwa (Luas : 847 m<sup>2</sup>).



Gambar 3.3 Peta Wilayah Kecamatan Wonokromo Kota Surabaya  
(Sumber : Data Google Map Tahun 2016)

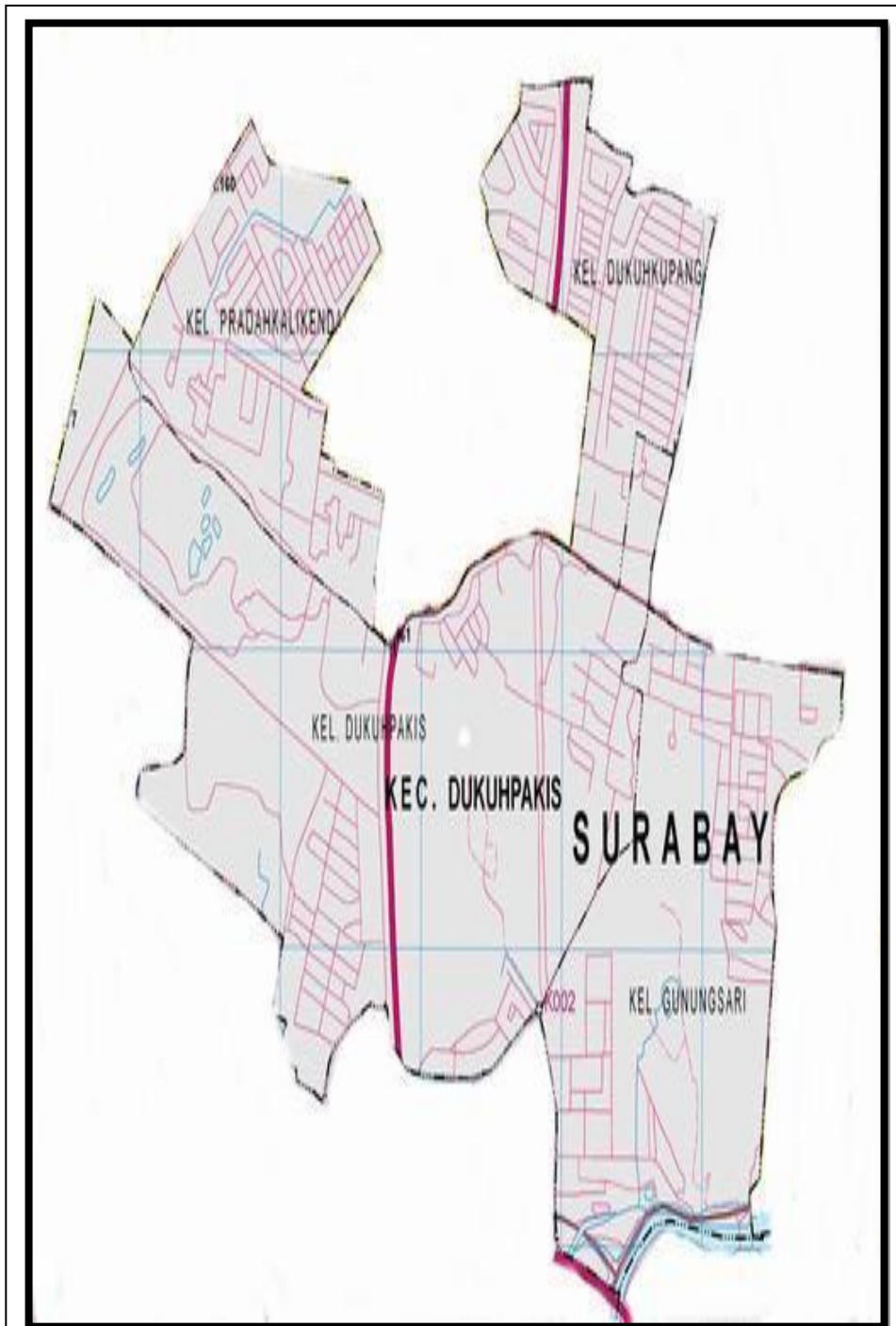


c. Kecamatan Karangpilang = 70.322 Jiwa (Luas : 923 m<sup>2</sup>).



Gambar 3.4 Peta Wilayah Kecamatan Karangpilang Kota Surabaya  
(Sumber : Data Google Map Tahun 2016)

d. Kecamatan Dukuh Pakis = 58.429 Jiwa (Luas : 994 m<sup>2</sup>).

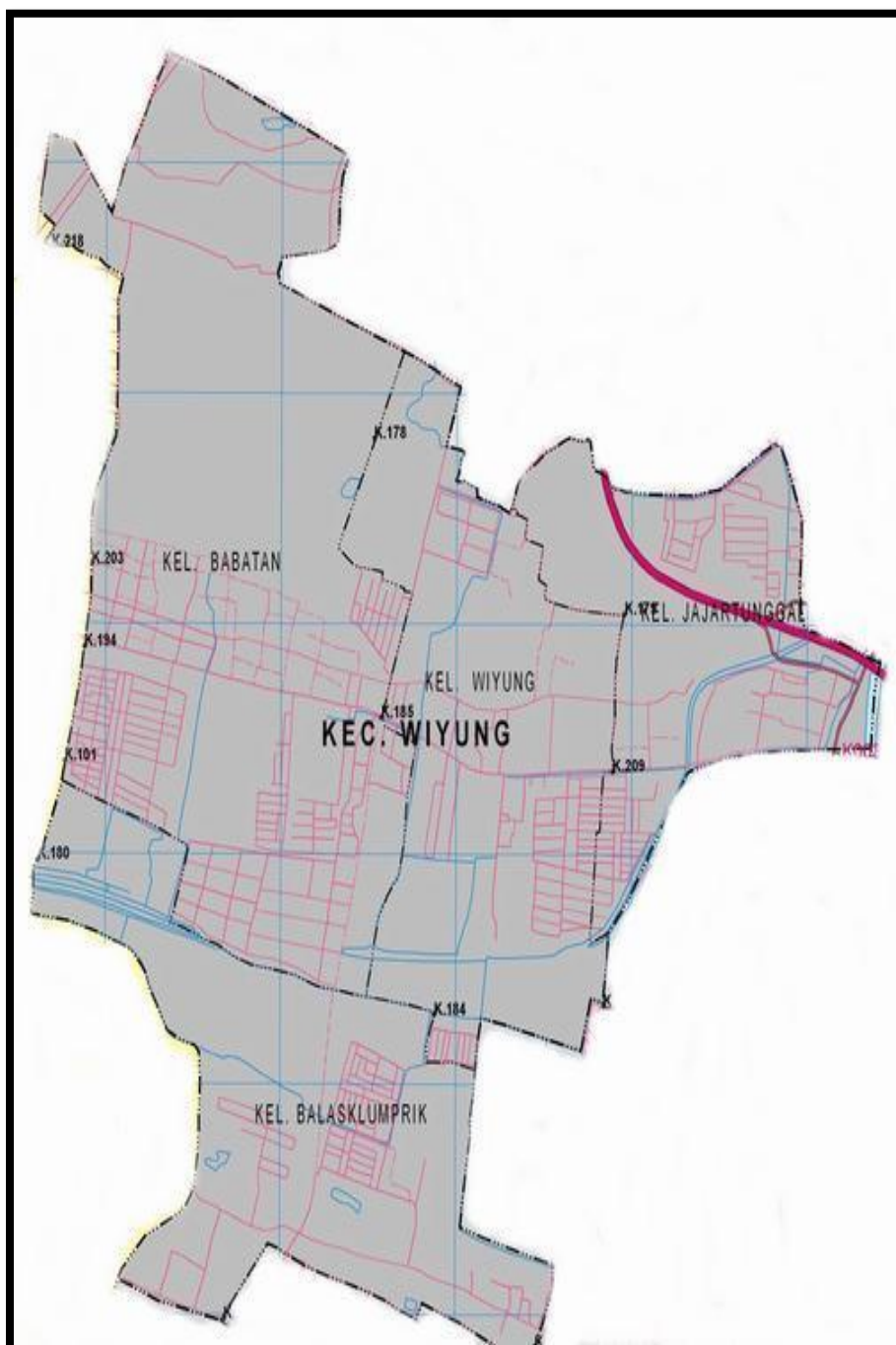


Nama Kelurahan :

- Kelurahan Dukuh Kupang
- Kelurahan Dukuh Pakis
- Kelurahan Gunung Sari
- Kelurahan Pradah Kalikendal

Gambar 3.5 Peta Wilayah Kecamatan Dukuh Pakis Kota Surabaya  
(Sumber : Data Google Map Tahun 2016)

e. Kecamatan Wiyung = 65.742 Jiwa (Luas : 1.246 m<sup>2</sup>).

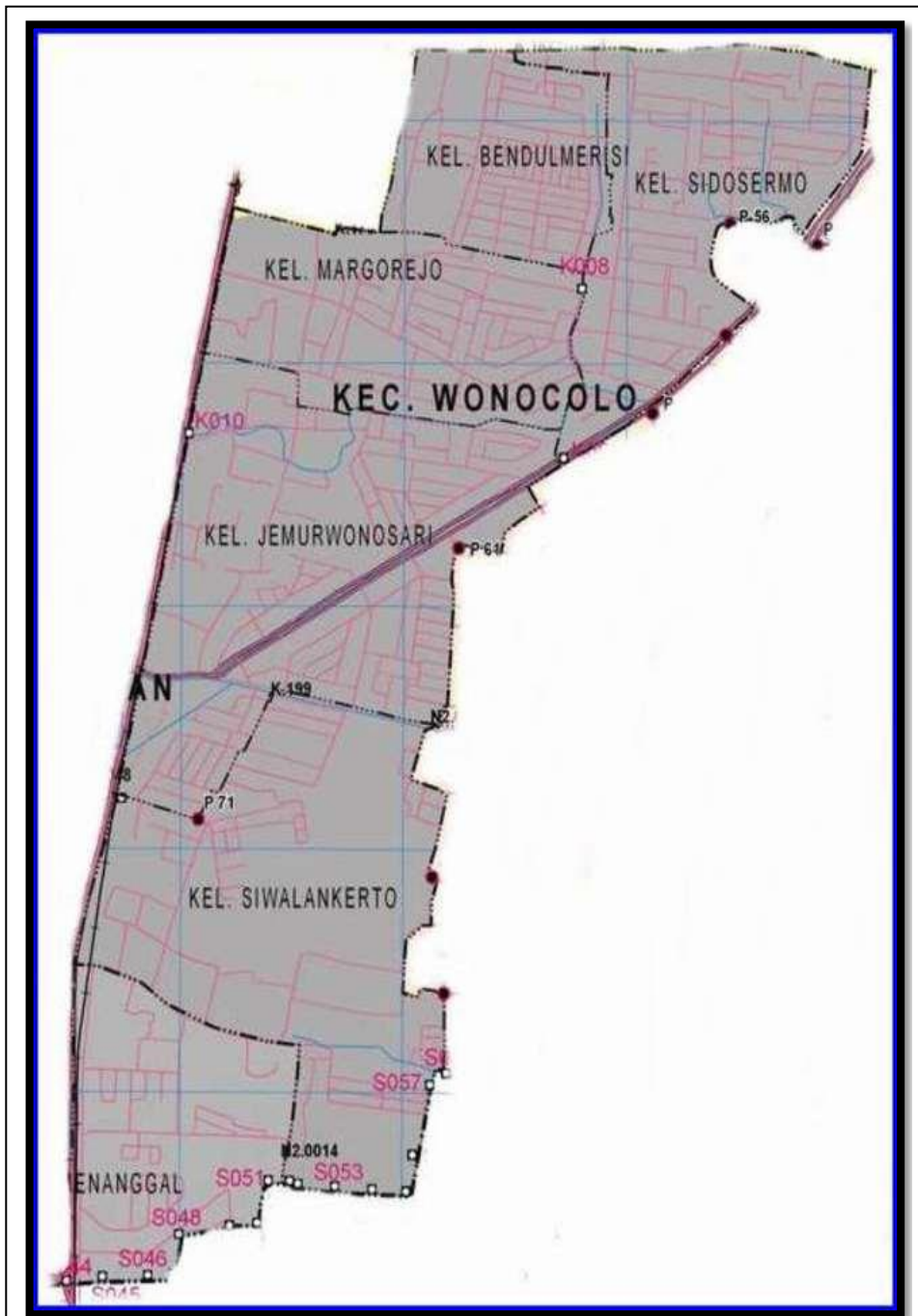


Nama Kelurahan :

- Kelurahan Babatan
- Kelurahan Balas Klumprik
- Kelurahan Jajar Tunggal
- Kelurahan Wiyung

Gambar 3.6 Peta Wilayah Kecamatan Wiyung Kota Surabaya  
(Sumber : Data Google Map Tahun 2016)

f. Kecamatan Wonocolo = 78.337 Jiwa (Luas : 678 m<sup>2</sup>).



Nama Kelurahan :

- Kelurahan Sidosermo
- Kelurahan Bendul Merisi
- Kelurahan Margorejo
- Kelurahan Jemur Wonosari
- Kelurahan Siwalankerto

Gambar 3.7 Peta Wilayah Kecamatan Wonocolo Kota Surabaya  
(Sumber : Data Google Map Tahun 2016)

g. Kecamatan Gayungan = 44.092 Jiwa (Luas : 607 m<sup>2</sup>).



Nama Kelurahan :

- Kelurahan Dukuh Menanggal
- Kelurahan Gayungan
- Kelurahan Ketintang
- Kelurahan Menanggal

Gambar 3.8 Peta Wilayah Kecamatan Gayungan Kota Surabaya  
(Sumber : Data Google Map Tahun 2016)



Nama Kelurahan :

- Kelurahan Pagesangan
- Kelurahan Kebon Sari
- Kelurahan Jambangan
- Kelurahan Karah

46

2. Data demografi jumlah fasilitas umum atau fasilitas penunjang tahun terakhir yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik Kota Surabaya atau observasi langsung di lapangan.
  - a. Perkantoran,
  - b. Rumah Sakit,
  - c. Pertokoan,
  - d. Rumah Makan,
  - e. Pasar Modern / Mall,dan
  - f. Hotel

Dari fasilitas umum diatas dicari jumlah pemakaian airnya dengan melihat rekening air pada fasilitas umum tersebut untuk mencari liter perhari dengan pendekatan populasi ekivalen ( $m^3$ /orang.hari).

3. Data SNI tentang tangki septik yang baik, SNI 03-2398-1991 tentang typical tangki septik.
4. Data dari studi-studi terdahulu (Tugas Akhir, Tesis dan Disertasi).

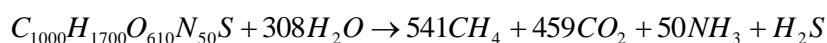
### 3.3.5.3 Pengolahan Data

Analisa data adalah bagian yang penting dalam metode ilmiah karena yang melakukan analisa suatu data dapat diberi arti dan makna yang berguna dalam memecahkan suatu masalah dalam penelitian.

- a. Data kuisisioner telah dikumpulkan dan di klasifikasikan untuk nantinya dapat memudahkan pengolahan dan analisa data.
- b. Analisa data dan pembahasan dilakukan dengan mengolah data primer dan data sekunder yang telah didapatkan.
- c. Untuk data primer, dilakukan perhitungan hasil kuesioner (tabulasi data) dengan menggunakan *program excel* dan *program MiniTab 16* sehingga dapat diperoleh pola penggunaan air bersih ( $m^3$ /orang.hari) yang 70% adalah air limbah dari aktifitas domestik di Wilayah Surabaya Selatan.
- d. Untuk data sekunder, dilakukan perhitungan populasi ekivalen non domestik berupa data air limbah dari kantor, sekolah, rumah sakit, pasar traditional, pasar modern / mall, tempat ibadah dan hotel.

- e. Perhitungan besarnya emisi dari karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan Metana (CH<sub>4</sub>) yang dihasilkan dari aktifitas domestik dan non domestik tersebut. Berikut indeks pemanasan global gas rumah kaca atau potensi pemanasan gas rumah kaca seperti pada Tabel 2.5. Menurut Liu (2008) diperoleh senyawa kimia yang ada dalam feces C<sub>1000</sub>H<sub>3310</sub>O<sub>860</sub>N<sub>1510</sub>S dan untuk urine adalah C<sub>1000</sub>H<sub>3310</sub>N<sub>1510</sub>S<sub>2</sub>. Dalam menghitung emisi gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan Metana (CH<sub>4</sub>) yang ada di dalam tangki septik menggunakan berat kering dari tinja dan urine dapat dilihat pada Tabel 2.6 serta Serta karakteristik sampel awal tinja menurut El Haq, 2009 dapat dilihat pada Tabel 2.7.
- f. Proyeksi jumlah emisi yang dihasilkan dari aktifitas domestik dan non domestik penduduk dan fasilitas selama tahun 2016-2026 dengan menggunakan perangkat lunak yakni software Minitab 16 berupa persamaan regresi. Sebelum proyeksi diproyeksikan data jumlah penduduk menggunakan data time series masa lalu 10 tahun lalu dengan menggunakan 3 metode proyeksi yakni metode aritmatik, metode *least Square* dan metode geometrik. Dalam penelitian ini dipilihlah metode *least Square* dimana nilai e<sup>2</sup> mendekati 1. Maka rumus persamaan regresi yang diperoleh adalah,
- $$Y = a + bx$$
- Dimana,            Y        = Jumlah Penduduk  
                          X        = Tahun terhitung (t)  
                          a, b     = Konstanta
- g. Cara mengumpulkan gas tersebut berdasarkan hasil perhitungan dari Wati (2011) dan Finarta (2011), dimana

Perhitungan CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> dari *feces* dilakukan dengan menggunakan persamaan dengan asumsi bereaksi secara sempurna :



➤ Perhitungan Massa Relatif (MR) C<sub>1000</sub>H<sub>1700</sub>O<sub>610</sub>N<sub>50</sub>S

– C <sub>1000</sub>	=	12 x 1000	=	12.000
– H <sub>1700</sub>	=	1 x 1700	=	1.700
– O <sub>610</sub>	=	16 x 610	=	9.760
– N <sub>50</sub>	=	14 x 50	=	700
– S	=	32 x 1	=	<u>32</u>
		Total	=	24.192



➤ Perhitungan Mol feces

$$Mol = \frac{Massa(g)}{MR}$$

- Asumsi massa kering tinja minimum 35 g/org.hari, maka

$$Mol_{min} = \frac{35 g / org.hari}{24.192} = 0,00145 \text{ mol/org.hari}$$

- Asumsi massa kering tinja rata-rata 52,5 g/org.hari, maka

$$Mol_{rata-rata} = \frac{52,5 g / org.hari}{24.192} = 0,00217 \text{ mol/org.hari}$$

- Asumsi massa kering tinja maksimum 70 g/org.hari, maka

$$Mol_{maks} = \frac{70 g / org.hari}{24.192} = 0,00289 \text{ mol/org.hari}$$

➤ Perhitungan Mol CH<sub>4</sub> dan Mol CO<sub>2</sub> dimana,

koefisien CH<sub>4</sub> = 541 dan koefisien CO<sub>2</sub> = 459

- Mol CH<sub>4min</sub> = 0,00145 mol/org.hari x 541  
= 0,784 mol/org.hari
- Mol CH<sub>4rata-rata</sub> = 0,00217 mol/org.hari x 541  
= 1,174 mol/org.hari
- Mol CH<sub>4maks</sub> = 0,00289 mol/org.hari x 541  
= 1,563 mol/org.hari
- Mol CO<sub>2min</sub> = 0,00145 mol/org.hari x 459  
= 0,665 mol/org.hari
- Mol CO<sub>2rata-rata</sub> = 0,00217 mol/org.hari x 459  
= 0,996 mol/org.hari
- Mol CO<sub>2maks</sub> = 0,00289 mol/org.hari x 459  
= 1,326 mol/org.hari

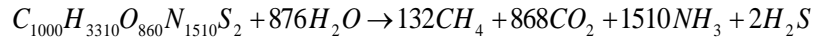
➤ Perhitungan massa CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub>, dimana,

MR CH<sub>4</sub> = 16 dan MR CO<sub>2</sub> = 44

- Massa CH<sub>4min</sub> = 0,784 mol/org.hari x 16  
= 12,544 g/org.hari
- Massa CH<sub>4rata-rata</sub> = 1,174 mol/org.hari x 16  
= 18,784 g/org.hari
- Massa CH<sub>4maks</sub> = 1,563 mol/org.hari x 16  
= 25,008 g/org.hari
- Massa CO<sub>2min</sub> = 0,665 mol/org.hari x 44  
= 29,260 g/org.hari
- Massa CO<sub>2rata-rata</sub> = 0,996 mol/org.hari x 44  
= 43,824 g/org.hari

- Massa  $CO_{2maks}$  = 1,326 mol/org.hari x 44  
= 58,344 g/org.hari

Perhitungan  $CH_4$  dan  $CO_2$  dari *urine* dilakukan dengan menggunakan persamaan dengan asumsi bereaksi secara sempurna :



➤ Perhitungan Massa Relatif (MR)  $C_{1000}H_{3310}O_{860}N_{1510}S_2$

– $C_{1000}$	=	12 x 1000	=	12.000
– $H_{1310}$	=	1 x 1310	=	3.310
– $O_{860}$	=	16 x 860	=	13.760
– $N_{1510}$	=	14 x 1510	=	21.140
– $S_2$	=	32 x 2	=	<u>64</u>
		Total	=	50.274

➤ Perhitungan Mol urine

$$Mol = \frac{Massa(g)}{MR}$$

- Asumsi massa kering urine minimum 50 g/org.hari, maka

$$Mol_{min} = \frac{50 \text{ g / org.hari}}{50.274} = 0,00099 \text{ mol/org.hari}$$

- Asumsi massa kering tinja rata-rata 60 g/org.hari, maka

$$Mol_{rata-rata} = \frac{60 \text{ g / org.hari}}{50.274} = 0,00119 \text{ mol/org.hari}$$

- Asumsi massa kering tinja maksimum 70 g/org.hari, maka

$$Mol_{maks} = \frac{70 \text{ g / org.hari}}{50.274} = 0,00139 \text{ mol/org.hari}$$

➤ Perhitungan Mol  $CH_4$  dan Mol  $CO_2$  dimana,  
koefisien  $CH_4$  = 132 dan koefisien  $CO_2$  = 868

- Mol  $CH_{4min}$  = 0,00099 mol/org.hari x 132  
= 0,131 mol/org.hari
- Mol  $CH_{4rata-rata}$  = 0,00119 mol/org.hari x 132  
= 0,157 mol/org.hari
- Mol  $CH_{4maks}$  = 0,00139 mol/org.hari x 132  
= 0,183 mol/org.hari
- Mol  $CO_{2min}$  = 0,00099 mol/org.hari x 868  
= 0,859 mol/org.hari
- Mol  $CO_{2rata-rata}$  = 0,00119 mol/org.hari x 868  
= 1,033 mol/org.hari
- Mol  $CO_{2maks}$  = 0,00139 mol/org.hari x 868  
= 1,206 mol/org.hari

➤ Perhitungan massa CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub>, dimana,

MR CH<sub>4</sub> = 16 dan MR CO<sub>2</sub> = 44

- Massa CH<sub>4min</sub> = 0,131 mol/org.hari x 16  
= 2,098 g/org.hari
- Massa CH<sub>4rata-rata</sub> = 0,157 mol/org.hari x 16  
= 2,512 g/org.hari
- Massa CH<sub>4maks</sub> = 0,183 mol/org.hari x 16  
= 2,928 g/org.hari
- Massa CO<sub>2min</sub> = 0,859 mol/org.hari x 44  
= 37,796 g/org.hari
- Massa CO<sub>2rata-rata</sub> = 1,033 mol/org.hari x 44  
= 45,452 g/org.hari
- Massa CO<sub>2maks</sub> = 1,206 mol/org.hari x 44  
= 53,024 g/org.hari

Perhitungan Total Emisi Metana (CH<sub>4</sub>) dan Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)

❖ Total Emisi CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> minimum, rata-rata, dan maksimum yang dihasilkan dari *feces* dan *urine* per orang/hari:

Total Emisi CH<sub>4 min</sub> = 12,544 g/org.hari + 2,128 g/org.hari  
= 14,672 g/org.hari

Total Emisi CH<sub>4 rata-rata</sub> = 18,784 g/org.hari + 2,512 g/org.hari  
= 21,296 g/org.hari

Total Emisi CH<sub>4 maks</sub> = 25,008 g/org.hari + 2,928 g/org.hari  
= 27,936 g/org.hari

Total Emisi CO<sub>2 min</sub> = 29,260 g/org.hari + 37,796 g/org.hari  
= 67,056 g/org.hari

Total Emisi CO<sub>2 rata-rata</sub> = 43,824 g/org.hari + 45,452 g/org.hari  
= 89,276 g/org.hari

Total Emisi CO<sub>2 maks</sub> = 58,344 g/org.hari + 53,024 g/org.hari  
= 111,368 g/org.hari

- h. Perhitungan potensi energi listrik dari hasil emisi gas rumah kaca karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan Metana (CH<sub>4</sub>) yang dihasilkan dari aktifitas domestik dan non domestik. Dalam buku *Renewable Energy Conversion, Transmission and Storage* Bent (2007) bahwa 1 Kg gas metana setara dengan 6,13 x 10<sup>7</sup> J, sedangkan 1 kWh setara dengan 3,6 x 10<sup>7</sup> J. Untuk massa jenis gas metana 0,656 kg/m<sup>3</sup> sehingga 1 m<sup>3</sup> gas metana menghasilkan energi listrik sebesar 11,17 kWh. Konversi energi gas metan menjadi enegi listrik dapat dilihat pada Tabel 2.9. Untuk karbondioksida sendiri 1 m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> setara

0,672 Kg CO<sub>2</sub> dan 1 Kg CO<sub>2</sub> setara 21 Kg CH<sub>4</sub> dan diasumsikan komponen biogas yang ada mengandung CH<sub>4</sub> (60%) dan CO<sub>2</sub> (38%) serta lainnya (2%).

### **3.3.6 Kesimpulan dan Saran**

Dari pembahasan yang telah dijelaskan diambil suatu kesimpulan yang menyatakan ringkasandari hasil penelitian dan dapat menjawab rumusan masalah pada penelitian. Saran diberikan sebagai referensi perbaikan penelitian dan pelaksanaan penelitian lebih lanjut.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Kondisi Lokasi Penelitian**

Kota Surabaya merupakan salah satu kota dengan jumlah penduduk yang cukup padat. Jumlah penduduk Kota Surabaya pada tahun 2014 sebanyak 2.853.661 Jiwa (BPS, 2015). Kota Surabaya dibagi menjadi lima daerah wilayah. Namun pada penelitian ini hanya mencakup salah satu bagian dari Kota Surabaya yakni Surabaya Selatan. Surabaya Selatan dipilih salah satunya dikarenakan lokasi ini tidak mengalami pemekaran penduduk secara signifikan dibandingkan wilayah Surabaya bagian lainnya serta fasilitas non domestik di wilayah ini relatif lebih lengkap dan fasilitas ini bersifat heterogen atau beranekaragam, sehingga memungkinkan untuk memperoleh data yang akan berguna dalam menghitung timbunan air limbah non domestik. Jumlah penduduk di Surabaya Selatan tahun 2014 dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Jumlah Penduduk di Surabaya Selatan tahun 2014

Wilayah	Kecamatan	Jumlah Kelurahan	Jumlah Penduduk (Jiwa)
Surabaya Selatan	Sawahan	6	201.721
	Wonokromo	6	159.964
	Karang Pilang	4	70.322
	Dukuh Pakis	4	58.429
	Wiyung	4	65.742
	Wonocolo	5	78.337
	Gayungan	4	44.092
	Jambangan	4	47.548

Sumber : Surabaya dalam Angka, 2015

#### **4.2 Analisis Hasil Survey**

##### **4.2.1 Lokasi Survey**

Pada penelitian ini Surabaya Selatan yang merupakan wilayah yang dipilih dimana Surabaya bagian Selatan memiliki 8 Kecamatan dan 37 Kelurahan. Untuk memperoleh Kecamatan dan Kelurahan yang dapat mewakili masing-masing

wilayah digunakan *Stratified Random Sampling*. Jumlah orang/rumah rata-rata disesuaikan dengan monografi Kelurahan. Apabila data yang diperoleh lebih besar maka nilai besarannya dieliminasi beberapa sehingga nilainya sesuai dengan rata-rata monografi Kelurahan, sedangkan apabila validasi yang diperoleh lebih kecil maka dikurangi pula beberapa yang kecil dan disesuaikan kembali dengan rata-rata monografi Kelurahan.

Dari hasil survey diperoleh 100 responden untuk 100 kuiseonar yang tersebar di Surabaya bagian Selatan untuk data domestik dan 70 kuiseoner untuk non domestik (Perkantoran, Pertokoan, Hotel, Rumah Sakit, Mall dan Rumah Makan) yang tersebar pula di wilayah tersebut.

Kelurahan Sawahan	: 11 Kuesioner
Kelurahan Wonokromo	: 16 Kuesioner
Kelurahan Karang Pilang	: 11 Kuesioner
Kelurahan Dukuh Pakis	: 10 Kuesioner
Kelurahan Wiyung	: 11 Kuesioner
Kelurahan Wonocolo	: 11 Kuesioner
Kelurahan Gayungan	: 13 Kuesioner
Kelurahan Jambangan	: 17 Kuesioner

#### **4.2.2 Karakteristik Kuesioner**

Hasil yang diperoleh dari kuesioner data domestik mayoritas responden berjenis kelamin laki-laki sebanyak 70% dan perempuan 30%. Dari 70% responden laki-laki mayoritas diantaranya adalah kepala keluarga sehingga memberikan informasi dengan tepat mengenai pertanyaan yang ada dalam kuesioner. Selain itu yang didapatkan dari hasil survey yakni persentase pekerjaan responden dimana 43% Pegawai Negeri Sipil, 35% Karyawan Swasta, 18% Wiraswasta dan 4% TNI. Dari persentase ini dapat kita ketahui tingkat pendapatan yang diperoleh dari jenis pekerjaan responden dan dapat asumsikan.

### 4.3 Menghitung Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan Metana (CH<sub>4</sub>) Aktivitas Domestik dalam Tangki Septik

Dalam Menghitung Karbondioksida dan Metana, Data-data yang diperlukan adalah data populasi penduduk Kota Surabaya tahun terakhir. Pada Tahun 2014 jumlah penduduk Kota Surabaya sebanyak 2.853.661 Jiwa (BPS, 2015). Surabaya bagian Selatan merupakan lokasi dalam penelitian yang dimana diwilayah tersebut rata-rata 1 kepala keluarga (KK) terdapat 5 orang. Jumlah penduduk Kota Surabaya Selatan sebanyak 1.083.121 Jiwa.

Secara umum, ada 3 rentang temperatur yang disenangi oleh bakteri, yaitu *Psicrophilic* (suhu 4-20°C) biasanya untuk negara-negara subtropis atau beriklim dingin, *Mesophilic* (suhu 20-40°C) dan *Thermophilic* (suhu 40-60°C). Biasanya pada negara yang memiliki iklim tropis seperti Indonesia, memiliki temperatur *Mesophilic* dengan suhu 20-30°C (Eddy dkk, 2003).

Untuk dapat menghitung emisi karbondioksida dan metana menggunakan berat kering tinja dan *urine* yang dapat dilihat pada Tabel 2.4 sedangkan untuk mengetahui karakteristik sampel awal lumpur tinja tersaji pada tabel 2.5.

Menurut Liu dkk (2008) didapatkan rumus empiris yang ada dalam *feces* adalah  $C_{1000}H_{3310}O_{860}N_{1510}S_1$  dan *urine* adalah  $C_{1000}H_{3310}N_{1510}S_2$  dimana penelitian Wati (2011) mengasumsikan terjadi reaksi secara sempurna atau 100%. Dari rumus empiris tersebut dapat digunakan untuk menghitung emisi yang dihasilkan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Wati (2011) telah menghitung massa rata-rata CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari berat kering *feces* dan *urine*, dimana untuk *feces* memiliki massa CH<sub>4</sub> sebanyak 18,17 gram/orang.hari dan massa CO<sub>2</sub> sebanyak 43,82 gram/orang.hari sedangkan untuk *urine* memiliki massa CH<sub>4</sub> sebanyak 2,55 gram/orang.hari dan massa CO<sub>2</sub> sebanyak 45,56 gram/orang.hari.

*Black Water* yang terdapat dalam tangki septik merupakan dua jenis kotoran manusia yakni *feces* dan *urine* sehingga pada penelitian Wati (2011) dihitung volume total dari karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan metana (CH<sub>4</sub>) yang ada dalam tangki septik, dimana rata-rata massa CH<sub>4</sub> total sebanyak 20,72 gram/orag/hari dan rata-rata massa CO<sub>2</sub> total sebesar 89,38 gram/orang.hari.

#### 4.3.1 Jumlah Air Limbah dari Aktivitas Domestik di Surabaya Selatan

Dalam melakukan perhitungan ataupun prediksi maka diperlukan data jumlah penduduk sebelumnya dimana data diperoleh dari Badan Pusat Statistik, data tersebut telah disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Jumlah Penduduk di Surabaya Selatan Tahun Terakhir

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)
2005	735.331
2006	757.725
2007	755.821
2008	767.936
2009	810.679
2010	801.982
2011	896.775
2012	998.030
2013	1.072.906
2014	1.083.121

Sumber : Surabaya dalam Angka, 2015

Dari hasil survey telah diperoleh rata-rata jumlah orang per Kepala Keluarga (KK) adalah 5 orang, dimana dalam penelitian ini telah dilakukan perhitungan untuk memperoleh jumlah air limbah yang dihasilkan per KK serta rata-rata air limbah yang dihasilkan per KK di Surabaya Selatan dimana hasil perhitungan ini didasari oleh penggunaan air bersih per KK dibagikan 70% untuk memperoleh air limbah yang dihasilkan, 30% sisanya merupakan air bersih yang terbuang (Said, 1999), telah disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Jumlah dan rata-rata air limbah yang dihasilkan per KK

	m <sup>3</sup> / tahun	m <sup>3</sup> /bulan	m <sup>3</sup> /hari	m <sup>3</sup> /orang.hari
Jumlah	28865	2405	80,18	15,73
Rata-rata	289	24	0,80	0,16

Dari hasil diatas dapat diketahui berapa besar air limbah yang dihasilkan per KK dalam tahun, bulan, hari serta per orang/hari, dimana hasil tersebut didasarkan dari hasil survey pada 100 responden yang tersebar di Surabaya Selatan.



#### 4.3.2 Perhitungan Massa CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> per Kepala Keluarga

Pada penelitian ini telah dilakukan survey pada 100 responden yang tersebar di Surabaya Selatan, dimana didapatkan rata-rata jumlah per KK sebanyak 5 orang. Setelah didapatkan jumlah rata-rata per KK dapat dihitung massa dari CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> yang diperoleh dengan mengalikan jumlah orang dalam KK dengan massa CH<sub>4</sub> total yang telah dilakukan oleh Wati (2011) dimana,

$$\begin{aligned}\text{Massa CH}_4 \text{ rata-rata/KK} &= \text{orang dlm KK} \times \text{massa CH}_4 \text{ total} \\ &= 5 \times 20,72 \text{ gram/orang.hari} \\ &= 103,6 \text{ gram/KK.hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa CO}_2 \text{ rata-rata/KK} &= \text{orang dlm KK} \times \text{massa CO}_2 \text{ total} \\ &= 5 \times 89,38 \text{ gram/orang.hari} \\ &= 446,9 \text{ gram/KK.hari}\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan dapat diketahui massa total emisi yang dihasilkan pada tangki septik. Hasil survey kuesioner yang tersebar di Surabaya bagian Selatan tersebut semua memiliki tangki septik, sehingga didapatkan perhitungan total emisi CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> yang dihasilkan tiap rumah menggunakan data KK.

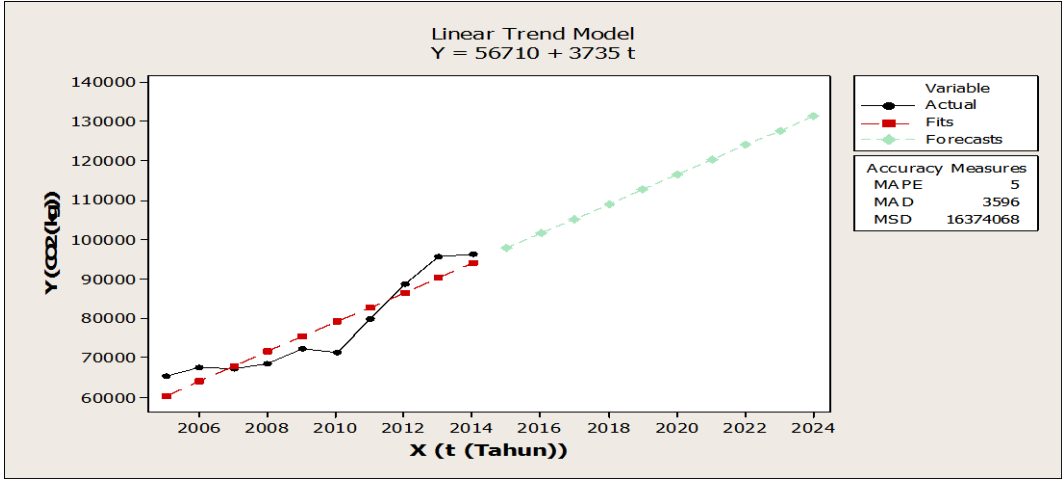
#### 4.3.3 Prediksi besarnya CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> dari Aktivitas Domestik di Surabaya Selatan

Dalam memprediksikan besarnya emisi yang dihasilkan di Surabaya Selatan diperlukan data jumlah penduduk 10 tahun terdahulu kemudian dilakukan perhitungan emisi yang dihasilkan untuk karbondioksida dan metana 10 tahun kedepan, sebagaimana telah disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Jumlah Massa CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> Aktivitas Domestik di Surabaya Selatan

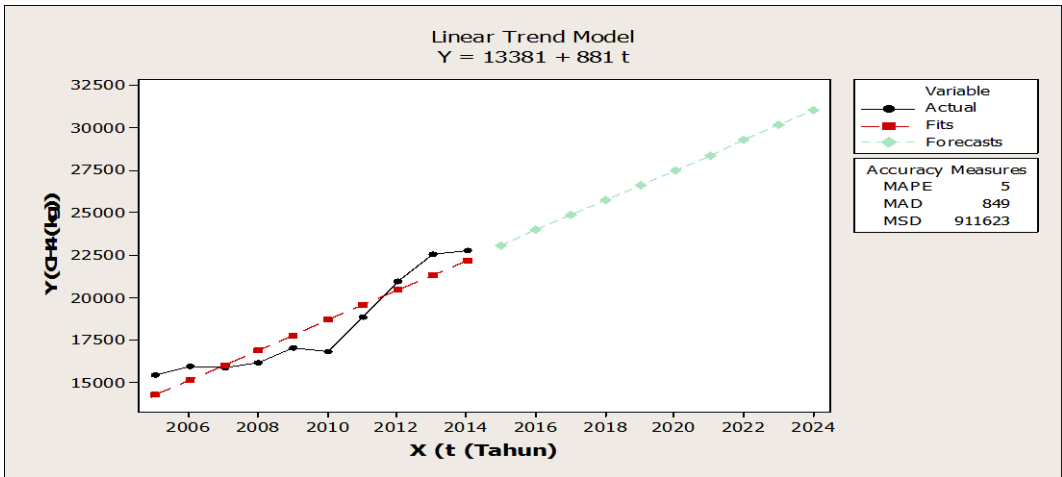
Tahun	Jumlah	Massa CO <sub>2</sub> (Kg)	Massa CH <sub>4</sub> (Kg)
2005	735.331	65.444,46	15.441,95
2006	757.725	67.437,53	15.912,23
2007	755.821	67.268,07	15.872,24
2008	767.936	68.346,30	16.126,66
2009	810.679	72.150,43	17.024,26
2010	801.982	71.376,40	16.841,62
2011	896.775	79.812,98	18.832,28
2012	998.030	88.824,67	20.958,63
2013	1.072.906	95.488,63	22.531,03
2014	1.083.121	96.397,77	22.745,54

Dari Tabel 4.4 dapat dilihat besarnya massa karbondioksida dan metana mengalami peningkatan setiap tahunnya seiring jumlah penduduk yang meningkat pula, dimana pada Gambar 4.1 telah disajikan grafik prediksi dan persamaan regresi yang diperoleh dari massa karbondioksida di Surabaya Selatan.



Gambar 4.1 Prediksi Massa CO<sub>2</sub> Aktifitas Domestik di Surabaya Selatan

Dari Gambar 4.1 dapat dilihat prediksi kenaikan massa CO<sub>2</sub> yakni pada periode awal prediksi tahun 2005 sebesar 65.444 kg/tahun berangsur naik sampai periode tahun 2014 sebesar 107.985 kg/tahun serta periode puncak tahun 2024 sebesar 224.941 kg/tahun. Dari hasil ini diperoleh persamaan regresi untuk besarnya massa CO<sub>2</sub> yakni  $Y = 56.710 + 3.735 t$ . Selanjutnya pada Gambar 4.2 telah disajikan grafik prediksi dan persamaan regresi yang diperoleh dari massa metana di Surabaya Selatan.



Gambar 4.2 Prediksi Massa CH<sub>4</sub> Aktifitas Domestik di Surabaya Selatan

Dari Gambar 4.2 dapat dilihat prediksi kenaikan massa CH<sub>4</sub> yakni pada periode awal prediksi tahun 2005 sebesar 15.441 kg/tahun berangsur naik sampai periode tahun 2014 sebesar 25.479 kg/tahun serta periode puncak tahun 2024 sebesar 53.076 kg/tahun. Ini menandakan bahwa jumlah penduduk berbanding lurus dengan meningkatnya karbondioksida dan metana di Surabaya bagian Selatan seiring berjalannya waktu. Dari hasil tersebut diperoleh persamaan regresinya yakni  $Y = 13.381 + 881 t$ .

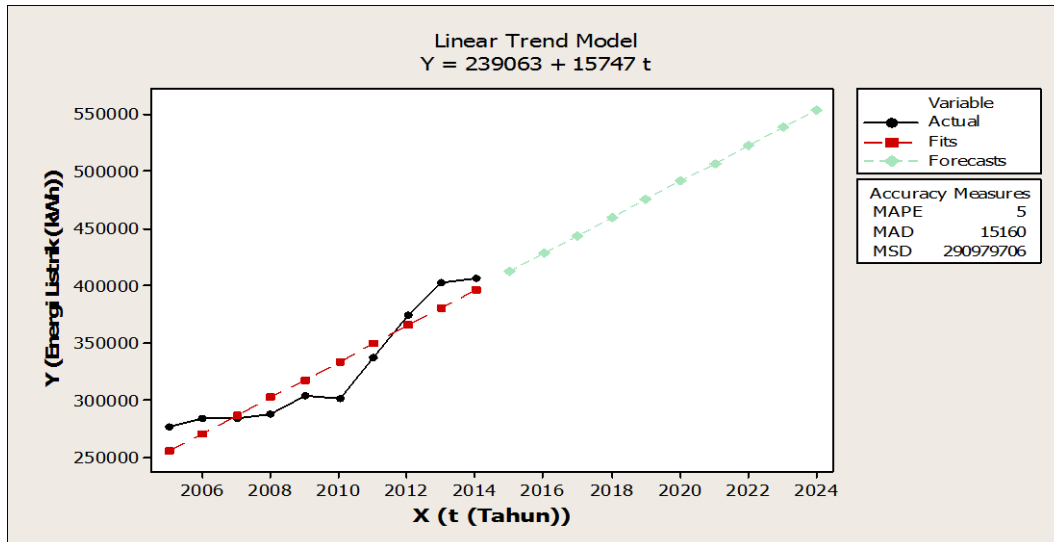
#### 4.3.4 Prediksi Potensi Energi listrik yang dihasilkan dari Aktifitas Domestik di Surabaya Selatan

Dalam memprediksikan besarnya potensi energi listrik yang dihasilkan dari aktifitas domestik di Surabaya Selatan diperlukan data dari hasil perhitungan besarnya massa metana yang dikonversi ke energi listrik (kWh) 10 tahun terdahulu kemudian dilakukan perhitungan potensi energi listrik (kWh) 10 tahun kedepan dengan didasarkan perhitungan Bent (2007) dimana 1 m<sup>3</sup> gas metana = 11,17 kWh, sebagaimana telah disajikan pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.3.

Tabel 4.5 Potensi Energi Listrik dari Aktifitas Domestik

Tahun	Potensi energi listrik (kWh)	Jumlah KK
2005	275.883,64	735.331
2006	284.285,48	757.725
2007	283.571,13	755.821
2008	288.116,48	767.936
2009	304.152,92	810.679
2010	300.889,95	801.982
2011	336.454,67	896.775
2012	374.443,82	998.030
2013	402.536,01	1.072.906
2014	406.368,51	1.083.121

Dari Tabel 4.5 terlihat potensi energi listrik setiap tahunnya semakin meningkat seiring dengan meningkatnya gas metana setiap tahunnya apabila dimanfaatkan sebagai energi terbarukan. Kurva dan Persamaan regresi dari potensi energi listrik ini telah tersaji pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Potensi Energi Listrik dari Aktivitas Domestik di SurabayaSelatan

Dari gambar 4.3 terlihat adanya peningkatan potensi energi listrik setiap tahunnya seiring besarnya gas metana yang dihasilkan yakni pada periode awal prediksi tahun 2005 sebesar 275.883 kWh/tahun berangsur naik sampai periode tahun 2014 sebesar 455.216 kWh/tahun serta periode puncak tahun 2024 sebesar 748.773 kWh/tahun. Dari hasil ini diperoleh persamaan regresinya yakni  $Y = 239.063 + 15.747 t$ . Pada Tabel 4.6 telah tersaji jumlah pendapatan listrik yang diperoleh dari aktivitas domestik setiap tahunnya, dimana nilai harga listrik disesuaikan dengan tarif listrik untuk rumah tangga setiap tahunnya.

Tabel 4.6 Pendapatan Total Listrik dari Aktivitas Domestik di Surabaya Selatan

Tahun	Potensi energi listrik (kWh)	Harga Listrik (Rp/kWh)	Pendapatan Total Listrik			
			(Rp)	(Rp/orang.hari)	(Rp/KK.hari)	(Rp/KK.Bulan)
2005	275884	279	76.902.565	105	523	15.687
2006	284285	390	110.950.937	146	732	21.964
2007	283571	502	142.301.664	188	941	28.241
2008	288116	613	176.716.243	230	1.151	34.518
2009	304153	725	220.474.369	272	1.360	40.794
2010	300890	891	268.092.945	334	1.671	50.143
2011	336455	890	299.444.656	334	1.670	50.087
2012	374444	1.075	402.527.107	403	2.017	60.498
2013	402536	1.145	460.903.731	430	2.148	64.438
2014	406369	1.214	493.331.371	455	2.277	68.321

Tahun	Potensi energi listrik (kWh)	Harga Listrik (Rp/kWh)	Pendapatan Total Listrik			
			(Rp)	(Rp/orang.hari)	(Rp/KK.hari)	(Rp/KK.Bulan)
2015	412278	1.509	622.284.168	513	2.564	76.932
2016	428025	1.473	630.360.978	478	2.392	71.756
2017	443772	1.617	717.645.890	501	2.505	75.145
2018	459519	1.729	794.361.305	510	2.550	76.493
2019	475265	1.840	874.587.406	516	2.582	77.474
2020	491012	1.952	958.327.761	521	2.605	78.153
2021	506759	2.063	1.045.585.710	524	2.620	78.586
2022	522506	2.175	1.136.351.274	525	2.627	78.819
2023	538253	2.286	1.230.629.364	526	2.630	78.893
2024	554000	2.398	1.328.425.520	526	2.628	78.840

Dari hasil tabel diatas adalah hitungan untuk asumsi dimana nilai pendapatan yang diperoleh jika memanfaatkan gas metana dengan baik menjadi energi listrik. Perlu diketahui bahwa apabila pemasangan instalasi dilakukan mandiri atau perrumah maka dipastikan hasilnya akan kecil ataupun tidak menghasilkan metana yang optimal ataupun cukup dalam membangkitkan energi listrik. Oleh sebab itu, sebaiknya di buatkan instalasi berupa IPAL komunal yang digunakan setidaknya lebih dari satu Rukun Tetangga atau dengan kata lain memiliki jumlah penduduk yang banyak agar gas metana yang dihasil lebih optimal serta dapat mendistribusikan energi listrik yang diinginkan.

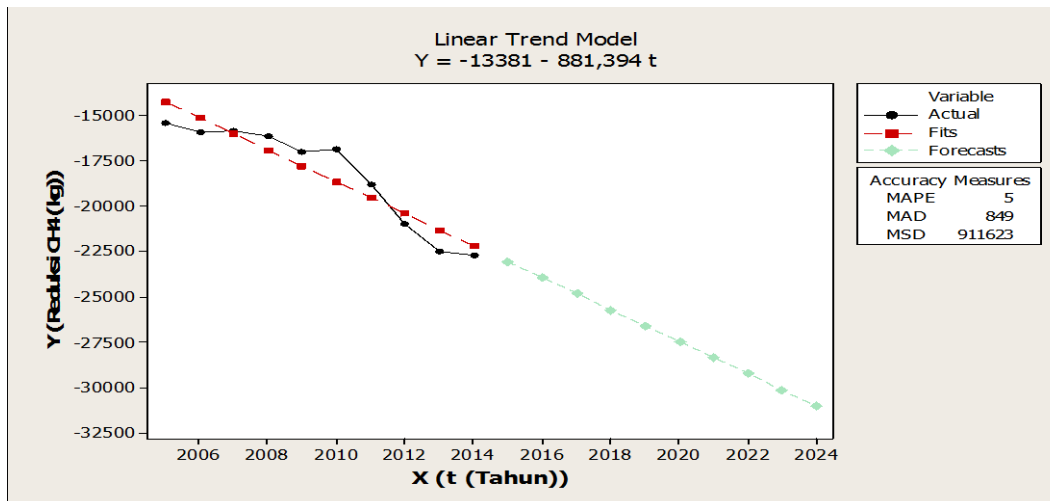
#### 4.3.5 Prediksi Pengurangan Emisi GRK dari Aktifitas Domestik dengan Pengalihan Metana

Adanya pemanfaatan emisi menjadi energi terbarukan maka berbanding lurus dengan pengurangan yang terjadi oleh GRK. Oleh sebab itu pada Tabel 4.7 dan Gambar 4.4 telah disajikan pengurangan emisi GRK dengan pengalihan metana dari aktifitas domestik.

Tabel 4.7 Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca dengan Pengalihan CH<sub>4</sub> dari Aktifitas Domestik

Tahun	Massa CH <sub>4</sub> (Kg)
2005	-15.441,95
2006	-15.912,23
2007	-15.872,24
2008	-16.126,66
2009	-17.024,26

Tahun	Massa CH4 (Kg)
2010	-16.841,62
2011	-18.832,28
2012	-20.958,63
2013	-22.531,03
2014	-22.745,54



Gambar 4.4 Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca dengan Pengalihan CH<sub>4</sub> dari Aktifitas Domestik di Surabaya Selatan

Pengaruh dalam pemanfaatan dari metana juga mempengaruhi pengurangan Gas Rumah Kaca (GRK) yang menjadi sebuah fenomena pemanasan global. Setiap tahunnya apabila gas penyebab GRK seperti metana dimanfaatkan maka GRK itu sendiri akan berkurang seperti pada gambar 4.4 pada periode tahun 2005 tereduksi hingga -15.441 kg/tahun berangsur meningkat reduksinya hingga periode tahun 2014 sebesar -27.672 kg/tahun serta periode puncak pada tahun 2024 sebesar -53.076 kg/tahun. Dari hasil ini diperoleh persamaan regresi dalam pengurangan GRK dengan pengalihan metana yakni  $Y = -13.381 - 881,394 t$ .

#### 4.4 Menghitung Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan Metana (CH<sub>4</sub>) Aktifitas Non Domestik

Dalam menghitung ataupun memprediksi dari sektor non domestik maka data yang digunakan adalah data populasi equivalen, dimana populasi dari non domestik didapatkan dari penggunaan air bersih yang diasumsikan dari populasi domestik. Seperti diketahui dari sumber non domestik memiliki sumber emisi yang besar setiap tahunnya dan berpengaruh dalam GRK, Untuk dapat menghitung emisi

GRK khususnya karbondioksida dan metana digunakan juga berat kering tinja dan *urine* yang dapat dilihat pada Tabel 2.4 setelah di dapatkan populasi eqivalennya sedangkan untuk mengetahui karakteristik sampel awal lumpur tinja tersaji pada tabel 2.5.

#### 4.4.1 Jumlah Air Limbah dari Aktifitas Non Domestik di Surabaya Selatan

Dari hasil survey yang telah ditentukan titik sampling yakni lokasi yang berupa perkantoran, pertokoan, mall, rumah makan, hotel dan rumah sakit yang tersebar di Surabaya bagian Selatan. Dari hasil ini didapatkan rata-rata penggunaan air bersih dari masing-masing sampling lalu akan dicari 70% yang merupakan air limbah. Dari penggunaan air bersih tersebut akan didapatkan asumsi atau nilai populasi eqivalen. Hasil rerata dari masing-masing sample telah tersaji pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Jumlah dan Data Rata-rata Air Limbah yang dihasilkan dari Aktifitas Non Domestik serta Populasi Eqivalennya

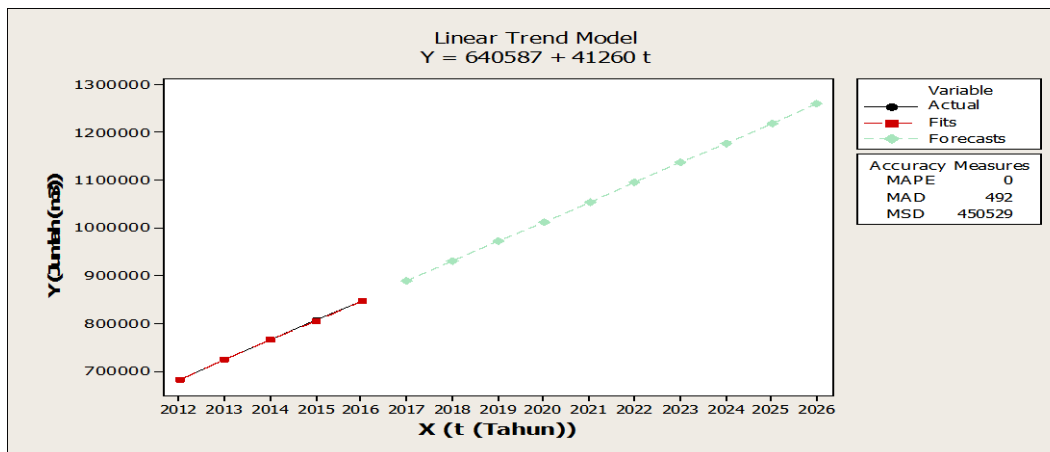
Non Domestic		m3/tahun	m3/bulan	m3/hari	orang/bulan	orang/hari
Mall	total	583.696,4	48.641,4	1.621,4	315.853	10.528
	rata-rata	83.385,2	6.948,8	231,6	45.122	1.504
Hotel	total	24.551,1	2.045,9	68,2	13.285	443
	rata-rata	4.910,2	409,2	13,6	2.657	89
Restaurant	total	9.376,5	781,4	26,0	5.074	169
	rata-rata	1.172,1	97,7	3,3	634	21
Pertokoan	total	12.583,2	1.048,6	35,0	6.809	227
	rata-rata	2.097,2	174,8	5,8	1.135	38
Perkantoran	total	83.482,7	6.956,9	231,9	45.175	1.506
	rata-rata	2.036,2	169,7	5,7	1.102	37
Rumah Sakit	total	132.295,8	11.024,7	367,5	71.589	2.386
	rata-rata	44.098,6	3.674,9	122,5	23.863	795

Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa besarnya air limbah yang dihasilkan pada masing-masing titik lokasi yang telah dirata-rata kan dari 70 lokasi survey non domestik yang tersebar di Surabaya bagian Selatan. Dari masing-masing lokasi telah dihitung untuk mendapatkan populasi eqivalen perbulan dan perhari rata-rata. Pada Tabel 4.9 tersaji jumlah air limbah yang dihasilkan pertahunnya di Surabaya Selatan.

Tabel 4.9 Jumlah Air Limbah yang Dihasilkan dari Aktifitas Non Domestik di Surabaya Selatan

Non Domestic	Jumlah Air Limbah (m <sup>3</sup> /tahun)				
	2012	2013	2014	2015	2016
Mall	469.211,0	500.267,0	532.373,1	562.179,8	583.696,4
Hotel	18.367,0	20.677,0	22.942,5	23.733,5	24.551,1
Restaurant	5.309,0	5.961,0	7.667,1	9.095,8	9.376,5
Pertokoan	9.156,0	9.853,0	10.439,1	11.796,4	12.583,2
Perkantoran	60.043,0	65.329,0	68.201,7	73.740,1	83.482,7
Rumah Sakit	119.452,0	120.996,0	122.813,6	126.238,7	132.295,8
<b>Total</b>	<b>681.538,0</b>	<b>723.083,0</b>	<b>764.437,1</b>	<b>806.784,3</b>	<b>845.985,7</b>
<b>Average</b>	<b>113.589,7</b>	<b>120.513,8</b>	<b>127.406,2</b>	<b>134.464,1</b>	<b>140.997,6</b>

Dari Tabel 4.9 dihitung atau dijumlahkan untuk memperoleh data keseluruhan besarnya air limbah dari aktifitas non domestik di Surabaya Selatan, dimana dibutuhkan untuk kebutuhan perhitungan dalam melakukan prediksi 10 tahun kedepan. Pada Gambar 4.5 tersaji kurva prediksi 10 tahun kedepan tentang besarnya air limbah yang dihasilkan dari aktifitas non domestik di Surabaya Selatan.



Gambar 4.5 Prediksi Air Limbah yang Dihasilkan dari Aktifitas Non Domestik di Surabaya Selatan

Dari gambar diatas terlihat trend prediksi adanya peningkatan jumlah air limbah dari aktifitas non domestik setiap tahunnya, Terlihat besarnya air limbah yang dihasilkan setiap tahunnya dimulai pada tahun 2012 yakni sebesar 681.538 m<sup>3</sup>/tahun hingga diprediksikan jumlah air limbah semakin meningkat hingga tahun 2026 sebesar 1.218.222 m<sup>3</sup>/tahun. Dimana jumlah populasi eqivalen



berbanding lurus terhadap jumlah peningkatan air limbah yang dihasilkan dari aktifitas non domestik itu sendiri. Dari hasil prediksi diperoleh persamaan regresinya yakni  $Y = 640.587 + 41.260 t$ .

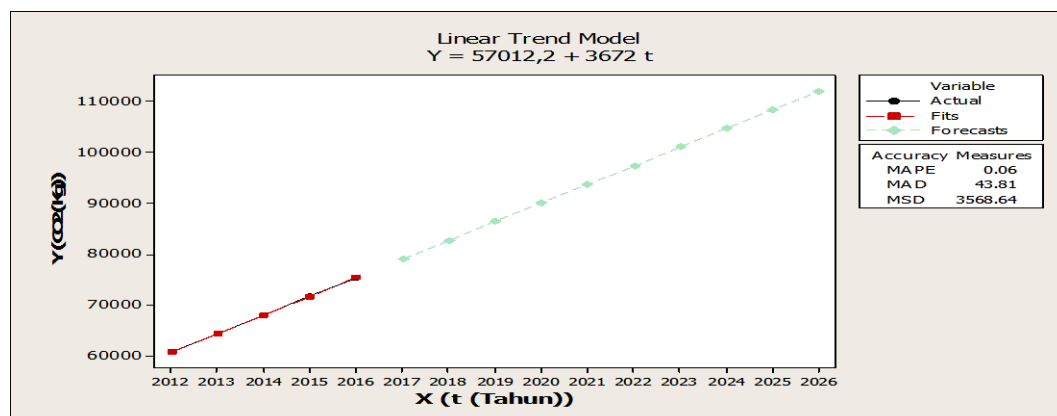
#### 4.4.2 Prediksi Besarnya CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> dari Aktifitas Non Domestik di Surabaya Selatan

Dalam memprediksikan besarnya emisi yang dihasilkan dari aktifitas non domestik di Surabaya bagian Selatan diperlukan data populasi ekuivalen kemudian dilakukan perhitungan emisi yang dihasilkan untuk karbondioksida dan metana 10 tahun kedepan, sebagaimana telah disajikan pada Tabel 4.10 serta Gambar 4.6 dan 4.7.

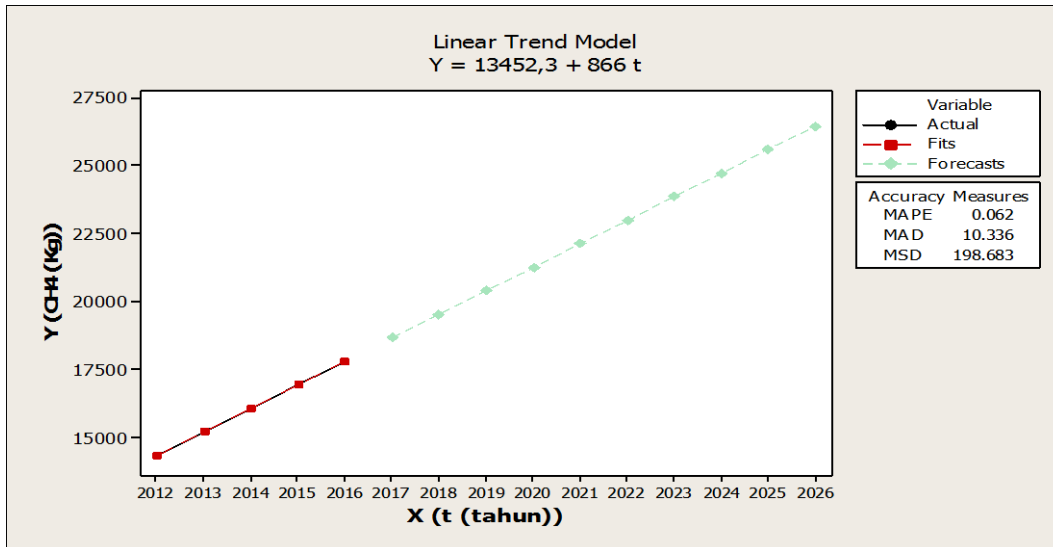
Tabel 4.10 Jumlah Massa CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> dari Aktifitas Non Domestik di Surabaya Selatan

Tahun	CO2 (Kg)	CH4 (Kg)
2012	60.656,88	14.312,30
2013	64.354,39	15.184,74
2014	68.034,90	16.053,18
2015	71.803,80	16.942,47
2016	75.292,73	17.765,70

Dari Tabel 4.10 terlihat peningkatan massa dari karbondioksida dan metana setiap tahunnya dimana dapat dikatakan bahwa peningkatan pengunjung atau populasi mempengaruhi peningkatan emisi gas rumah kaca yang terjadi. Kurva prediksi karbondioksida dan metana dan persamaan regresi telah tersaji pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.



Gambar 4.6 Prediksi Besar Emisi CO<sub>2</sub> dari Aktifitas Non Domestik di Surabaya Selatan



Gambar 4.7 Prediksi Besar Emisi CH<sub>4</sub> dari Aktivitas Non Domestik di Surabaya Selatan

Dari gambar diatas terlihat trend prediksi adanya peningkatan besar Emisi CO<sub>2-eq</sub> dan CH<sub>4-eq</sub> setiap tahunnya. Pada gambar 4.6 terlihat besarnya emisi CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> yang dihasilkan pada tahun puncak yakni 2026 sebesar 112.094 kg.CO<sub>2-eq</sub> dan 26.449 kg.CH<sub>4-eq</sub>, dimana jumlah populasi eqivalen berbanding lurus terhadap jumlah peningkatan emisi yang terjadi. Dari hasil prediksi besarnya emisi karbondioksida dan metana dari aktifitas non domestik di Surabaya bagian selatan diperoleh persamaan regresinya yakin untuk besar emisi karbondioksida  $Y = 57.012,2 + 3.672 t$  serta untuk besar emisi metana  $Y = 13.452,3 + 866 t$ .

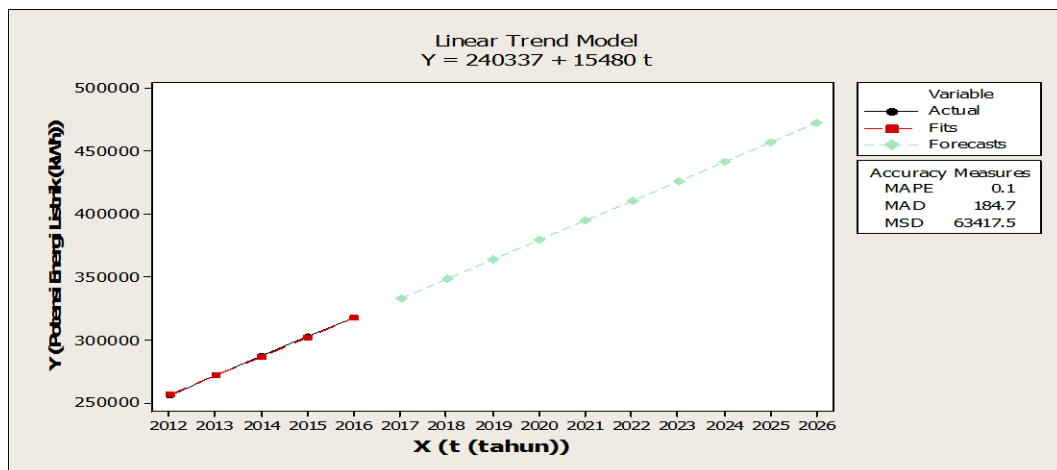
#### 4.4.3 Prediksi Potensi Energi Listrik yang Dihasilkan dari Aktivitas Non Domestik di Surabaya Selatan

Dalam memprediksikan besarnya potensi energi listrik yang dihasilkan dari aktifitas non domestik di Surabaya Selatan diperlukan data dari hasil perhitungan besarnya massa metana yang dikonversi ke energi listrik (kWh), kemudian dilakukan prediksi potensi energi listrik (kWh) 10 tahun kedepan dengan didasarkan perhitungan Bent (2007) dimana 1 m<sup>3</sup> gas metana = 11,17 kWh, sebagaimana telah disajikan pada Tabel 4.11 dan Gambar 4.8.

Tabel 4.11 Potensi Energi Listrik dari Aktivitas Non Domestik

Tahun	Potensi Energi Listrik (kWh)
2012	255.701,42
2013	271.288,40
2014	286.803,75
2015	302.691,69
2016	317.399,39

Dari Tabel 4.11 terlihat adanya peningkatan potensi energi listrik setiap tahun apabila gas rumah kaca berupa gas metana dimanfaatkan dengan baik. Kurva prediksi 10 tahun kedepan dan persamaan regresi potensi energi listrik dari aktivitas non domestik telah tersaji pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Prediksi Potensi Energi Listrik dari Aktivitas Non Domestik di Surabaya Selatan

Pada Gambar 4.8 tergambar bahwa potensi energi listrik berbanding lurus terhadap kenaikan metana setiap tahunnya. Pada grafik terlihat Tahun awal 2012 potensi energi listrik yang dapat dihasilkan sebesar 255.701 kWh/tahun kemudian terlihat meningkatkan pada awal prediksi tahun 2017 sebesar 333.217 kWh/tahun sampai pada puncak prediksi terus meningkat yakni pada tahun 2026 sebesar 472.536kWh/tahun. Ini menandakan apabila emisi GRK seperti metana dimanfaatkan maka GRK yang terjadi akan semakin berkurang. Dari hasil prediksi potensi energi listrik dari aktivitas non domestik di Surabaya bagian Selatan diperoleh persamaan regresi yakni  $Y = 240.337 + 15.480 t$ . Pada Tabel 4.12 telah tersaji jumlah pendapatan listrik yang diperoleh dari aktivitas non

domestik setiap tahunnya, dimana nilai harga listrik disesuaikan dengan tarif listrik per unit fasilitas non domestik setiap tahunnya.

Tabel 4.12 Pendapatan Total Listrik dari Aktifitas Non Domestik di Surabaya Selatan

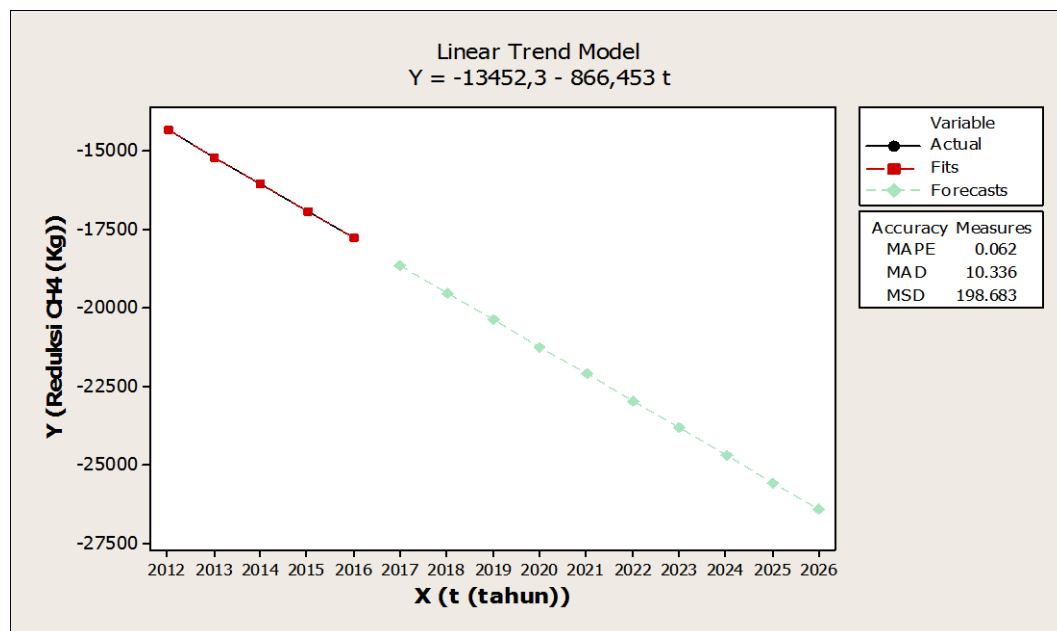
Tahun	Non Domestik	Jumlah (Unit)	Potensi Energi Listrik (kWh)	Harga Listrik (Rp/kWh)	Pendapatan Total Listrik	
					(Rp)	(Rp/orang.hari)
2012	Mall	15	176.039,96	1.413	248.744.458	3.313
	Hotel	12	6.890,98	1.413	9.736.962	3.313
	Restaurant	409	1.991,85	1.087	2.165.137	2.549
	Pertokoan	178	3.435,17	1.087	3.734.035	2.549
	Perkantoran	167	22.527,11	1.087	24.486.967	2.549
	Rumah Sakit	14	44.816,35	1.597	71.571.713	3.745
2013	Mall	19	187.691,64	1.410	264.645.209	3.306
	Hotel	14	7.757,66	1.410	10.938.297	3.306
	Restaurant	416	2.236,47	1.085	2.426.565	2.544
	Pertokoan	189	3.696,68	1.085	4.010.895	2.544
	Perkantoran	175	24.510,33	1.085	26.593.703	2.544
	Rumah Sakit	15	45.395,63	1.594	72.360.640	3.738
2014	Mall	21	199.737,30	1.458	291.216.980	3.419
	Hotel	14	8.607,63	1.458	12.549.931	3.419
	Restaurant	435	2.876,57	1.110	3.192.987	2.603
	Pertokoan	191	3.916,57	1.110	4.347.395	2.603
	Perkantoran	179	25.588,11	1.110	28.402.806	2.603
	Rumah Sakit	16	46.077,57	1.628	75.014.277	3.817
2015	Mall	24	210.920,26	1.460	307.943.584	3.424
	Hotel	17	8.904,40	1.460	13.000.430	3.424
	Restaurant	429	3.412,59	1.111	3.791.386	2.605
	Pertokoan	206	4.425,81	1.111	4.917.073	2.605
	Perkantoran	198	27.666,03	1.111	30.736.955	2.605
	Rumah Sakit	16	47.362,60	1.630	77.201.046	3.822
2016	Mall	26	218.992,92	1.473	322.576.577	3.454
	Hotel	19	9.211,15	1.473	13.568.029	3.454
	Restaurant	423	3.517,90	1.121	3.943.569	2.629
	Pertokoan	204	4.721,00	1.121	5.292.243	2.629
	Perkantoran	202	31.321,28	1.111	34.797.946	2.605
	Rumah Sakit	16	49.635,13	1.630	80.905.254	3.822

#### 4.4.4 PrediksiPengurangan Emisi GRK dari Aktifitas Non Domestik dengan Pengalihan Metana di Surabaya Selatan

Adanya pemanfaatan emisi menjadi energi terbarukan maka berbanding lurus dengan pengurangan yang terjadi oleh GRK. Pengaruh dalam pemanfaatan dari metana juga mempengaruhi pengurangan Gas Rumah Kaca yang menjadi sebuah fenomena pemanasan global. Setiap tahunnya apabila gas penyebab GRK seperti metana dimanfaatkan maka GRK itu sendiri akan berkurang. Oleh sebab itu pada Tabel 4.13 dan Gambar 4.9 telah disajikan pengurangan emisi GRK dengan pengalihan metana dari aktifitas non domestik.

Tabel 4.13 Pengurangan Emisi CH<sub>4</sub> dari Aktifitas Non Domestik

Tahun	CH4 (Kg)
2012	-14.312,30
2013	-15.184,74
2014	-16.053,18
2015	-16.942,47
2016	-17.765,70



Gambar 4.9 Prediksi Pengurangan Emisi CH<sub>4</sub> dari Aktifitas Non Domestik di Surabaya Selatan

Pada Tabel 4.13 dan Gambar 4.9 terlihat periode tahun 2012 tereduksi hingga -14.312 kg/tahun. CH<sub>4-eq</sub> berangsur meningkat reduksinya hingga periode tahun

2017 sebesar -18.651 kg/tahun. $\text{CH}_4\text{-eq}$  serta periode puncak pada tahun 2026 sebesar -26.449 kg/tahun. $\text{CH}_4\text{-eq}$ . Dari hasil ini bisa disimpulkan bahwa pengaruh dari pemanfaatan emisi itu sendiri berpengaruh terhadap berkurangnya dampak pemanasan global yang terjadi. Dari hasil prediksi pengurangan atau reduksi emisi gas metana dari aktifitas non domestik di Surabaya Selatan diperoleh persamaan regresi yakni  $Y = -13.452,3 - 866,45 t$ .

#### **4.5 Menghitung Karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan Metana ( $\text{CH}_4$ ) Aktifitas Non Domestik Keseluruhan dalam Tangki Septik atau IPAL**

Dalam menghitung ataupun memprediksi dari sektor non domestik keseluruhan maka data yang digunakan adalah data populasi ekuivalen serta mengetahui jumlah unit non domestik yang diteliti, dimana populasi dari non domestik didapatkan dari penggunaan air bersih yang diasumsikan dari populasi domestik. Seperti diketahui dari sumber non domestik memiliki sumber emisi yang besar setiap tahunnya dan berpengaruh dalam GRK, Untuk dapat menghitung emisi GRK khususnya karbondioksida dan metana digunakan juga berat kering *feces* dan *urine* yang dapat dilihat pada Tabel 2.4 setelah di dapatkan populasi ekuivalennya sedangkan untuk mengetahui karakteristik sampel awal lumpur tinja tersaji pada tabel 2.5.

##### **4.5.1 Jumlah Air Limbah dari Aktifitas Non Domestik Keseluruhan di Surabaya Selatan**

Dari data jumlah unit non domestik yang telah ditentukan titik sampling yakni lokasi yang berupa perkantoran, pertokoan, mall, rumah makan, hotel dan rumah sakit yang tersebar di Surabaya Selatan. Dari hasil ini didapatkan rata-rata penggunaan air bersih dari masing-masing sampling lalu akan dicari 70% yang merupakan air limbah. Dari penggunaan air bersih tersebut akan didapatkan asumsi atau nilai populasi ekuivalen. Hasil rerata dari masing-masing sampel telah tersaji pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Jumlah Air Limbah yang dihasilkan Keseluruhan dari Aktifitas Non Domestik di Surabaya Selatan

Tahun	Jumlah Unit	Jumlah (m <sup>3</sup> )
2012	795	90.303.785,00
2013	828	99.785.454,00
2014	856	109.059.692,93
2015	890	119.673.004,50
2016	890	125.487.878,83

Dari Tabel 4.14 terlihat adanya pertambahan rata-rata setahun dan hanya pada Tahun terkahir 2016 dan 2015 tidak mengalami penambahan jumlah tetapi dalam menghasilkan air limbah terus meningkat setiap tahunnya dimana dikarenakan bertambahnya jumlah penduduk maka jumlah air limbah yang dihasilkan juga meningkat dan tidak ada pengaruh terhadap jumlah unitnya di fasilitas Non Domestik. Pada Tabel juga kemudian dihitung atau dijumlahkan untuk memperoleh data keseluruhan air limbah yang dihasilkan di seluruh unit di Surabaya Selatan.

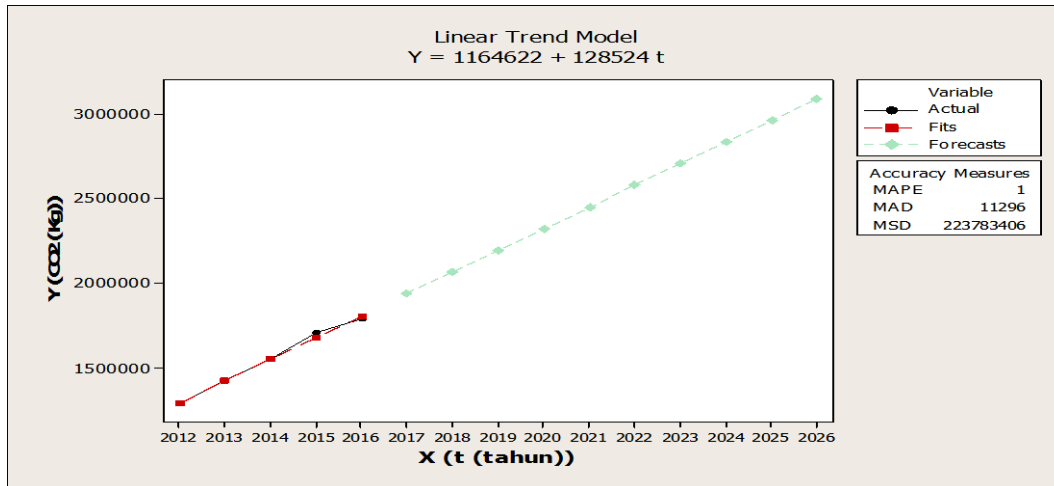
#### 4.5.2 Prediksi Besarnya CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> dari Aktifitas Non Domestik Keseluruhan di Surabaya Selatan

Dalam memprediksikan besarnya emisi yang dihasilkan dari aktifitas non domestik keseluruhan di Surabaya Selatan diperlukan data populasi ekuivalen kemudian dilakukan perhitungan emisi yang dihasilkan untuk karbondioksida dan metana 10 tahun kedepan, sebagaimana telah disajikan pada Tabel 4.15 serta Gambar 4.10 dan 4.11.

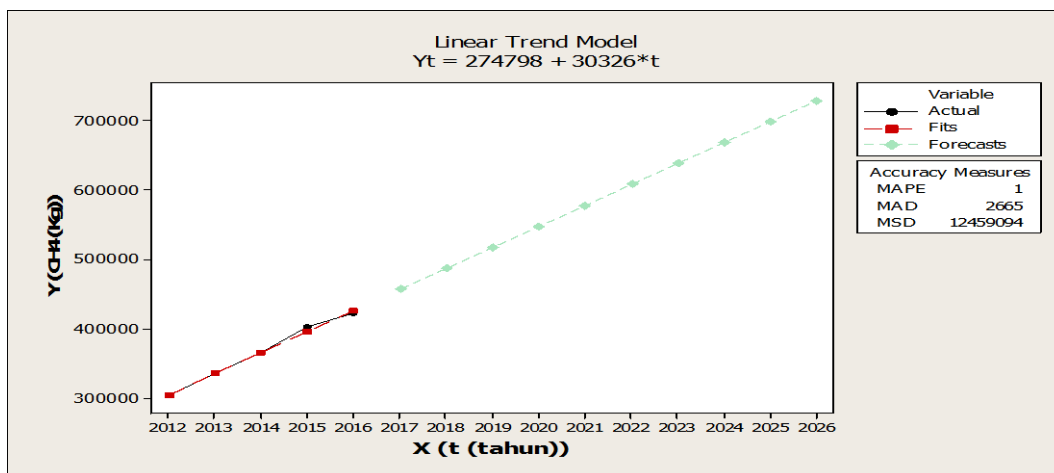
Tabel 4.15 Jumlah Massa CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> dari Aktifitas Non Domestik Keseluruhan di Surabaya Selatan

Tahun	Massa CO <sub>2</sub> (Kg)	Massa CH <sub>4</sub> (Kg)
2012	1.285.925,90	303.420,72
2013	1.420.944,86	335.279,13
2014	1.553.010,03	366.440,57
2015	1.704.143,58	402.101,30
2016	1.786.947,39	421.639,27

Dari Tabel 4.15 terlihat peningkatan massa dari karbondioksida dan metana keseluruhab unit setiap tahunnya dimana dapat dikatakan bahwa peningkatan pengunjung atau populasi mempengaruhi peningkatan emisi gas rumah kaca yang terjadi. Kurva prediksi karbondioksida dan metana dan persamaan regresi telah tersaji pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11.



Gambar 4.10 Prediksi Besar Emisi CO<sub>2</sub> dari Aktifitas Non Domestik Keseluruhan di Surabaya Selatan



Gambar 4.11 Prediksi Besar Emisi CH<sub>4</sub> dari Aktifitas Non Domestik Keseluruhan di Surabaya Selatan

Dari gambar diatas terlihat trend prediksi adanya peningkatan besar Emisi CO<sub>2-eq</sub> dan CH<sub>4-eq</sub> keseluruhan unit setiap tahunnya. Pada gambar 4.10 dan Gambar 4.11 terlihat besarnya emisi CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> yang dihasilkan pada tahun puncak yakni 2026 sebesar 3.092.484 kg CO<sub>2-eq</sub> dan 729.687 kg CH<sub>4-eq</sub>, dimana



jumlah populasi ekuivalen berbanding lurus terhadap jumlah peningkatan emisi yang terjadi. Dari hasil prediksi besarnya emisi karbondioksida dan metana dari aktifitas non domestik di Surabaya bagian selatan diperoleh persamaan regresinya yakni untuk besar emisi karbondioksida  $Y = 1.164.622 + 128.524 t$  serta untuk besar emisi metana  $Y = 274.798 + 30.326 t$ .

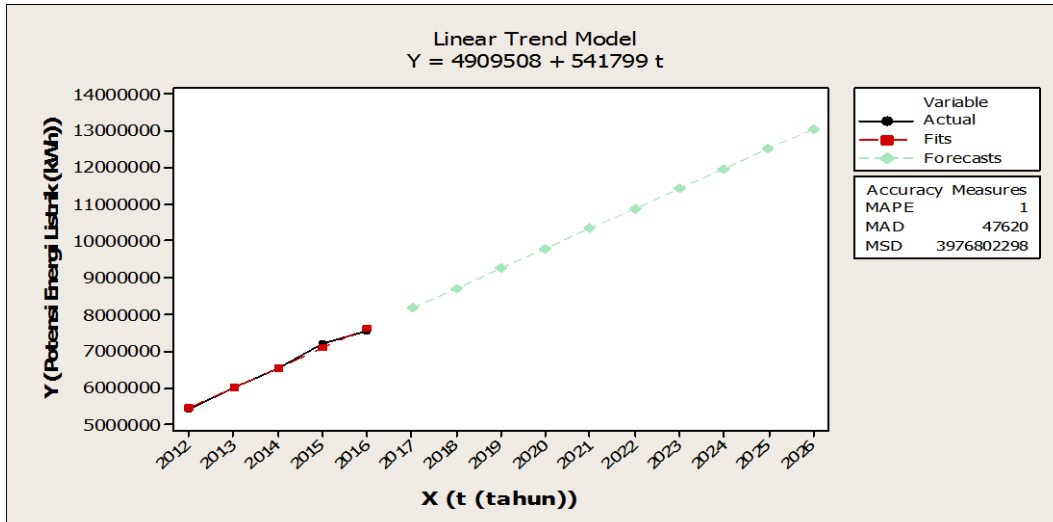
#### **4.5.3 Prediksi Potensi Energi Listrik yang Dihasilkan dari Aktifitas Non Domestik Keseluruhan di Surabaya Selatan**

Adanya pemanfaatan emisi menjadi energi terbarukan maka berbanding lurus dengan pengurangan yang terjadi oleh GRK. Pengaruh dalam pemanfaatan dari metana juga mempengaruhi pengurangan Gas Rumah Kaca yang menjadi sebuah fenomena pemanasan global. Setiap tahunnya apabila gas penyebab GRK seperti metana dimanfaatkan maka GRK itu sendiri akan berkurang. Oleh sebab itu pada Tabel 4.15 dan Gambar 4.12 telah disajikan pengurangan emisi GRK dengan pengalihan metana dari aktifitas non domestik keseluruhan unit di Surabaya Selatan.

Tabel 4.16 Potensi Energi Listrik dari Aktifitas Non Domestik Keseluruhan di Surabaya Selatan

Tahun	Potensi energi listrik (kWh)
2012	5.420.870,13
2013	5.990.047,79
2014	6.546.773,56
2015	7.183.882,89
2016	7.532.945,54

Dari Tabel 4.16 terlihat adanya peningkatan potensi energi listrik setiap tahun apabila gas rumah kaca berupa gas metana dimanfaatkan dengan baik. Kurva prediksi 10 tahun kedepan dan persamaan regresi potensi energi listrik keseluruhan unit dari aktifitas non domestik di Surabaya Selatan telah tersaji pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Prediksi Potensi Energi Listrik dari Aktivitas Non Domestik Keseluruhan di Surabaya Selatan

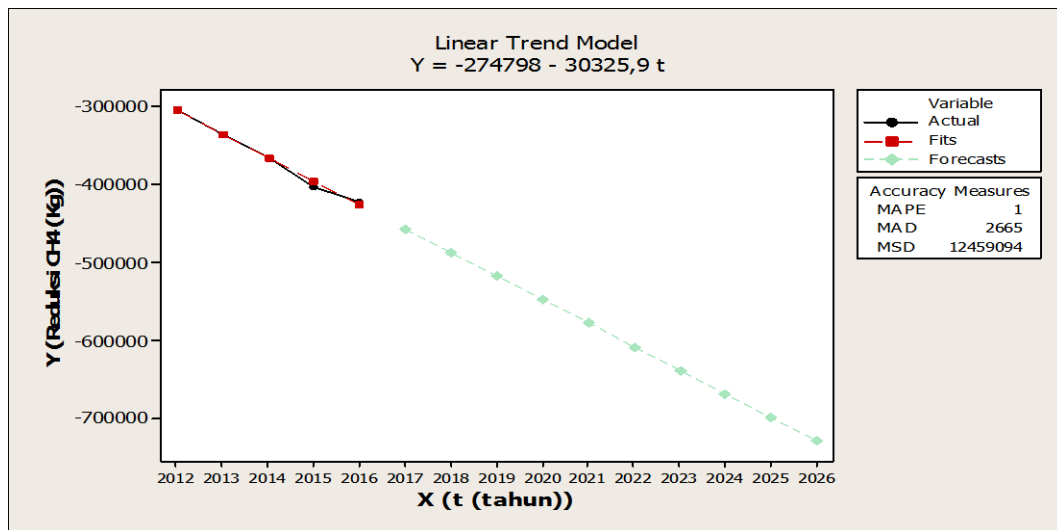
Pada Gambar 4.12 tergambar bahwa potensi energi listrik berbanding lurus terhadap kenaikan metana setiap tahunnya. Pada grafik terlihat Tahun awal 2012 potensi energi listrik yang dapat dihasilkan sebesar 5.420.870,13 kWh/tahun kemudian terlihat meningkatkan pada awal prediksi tahun 2017 sebesar 8.160.300 kWh/tahun sampai pada puncak prediksi terus meningkat yakni pada tahun 2026 sebesar 13.036.487 kWh/tahun. Ini menandakan apabila emisi GRK seperti metana dimanfaatkan maka GRK yang terjadi akan semakin berkurang. Dari hasil prediksi potensi energi listrik dari aktivitas non domestik keseluruhan di Surabaya bagian Selatan diperoleh persamaan regresi yakni  $Y = 4.909.508 + 541.799 t$ .

#### 4.5.4 Prediksi Pengurangan Emisi GRK dari Aktivitas Non Domestik Keseluruhan dengan Pengalihan Metana di Surabaya Selatan

Adanya pemanfaatan emisi menjadi energi terbarukan maka berbanding lurus dengan pengurangan yang terjadi oleh GRK. Pengaruh dalam pemanfaatan dari metana juga mempengaruhi pengurangan Gas Rumah Kaca yang menjadi sebuah fenomena pemanasan global. Setiap tahunnya apabila gas penyebab GRK seperti metana dimanfaatkan maka GRK itu sendiri akan berkurang. Oleh sebab itu pada Tabel 4.17 dan Gambar 4.13 telah disajikan pengurangan emisi GRK dengan pengalihan metana dari aktivitas non domestik keseluruhan unit di Surabaya Selatan.

Tabel 4.17 Pengurangan Emisi CH<sub>4</sub> dari Aktivitas Non Domestik Keseluruhan di Surabaya Selatan

Tahun	Massa CH <sub>4</sub> (Kg)
2012	-303.420,72
2013	-335.279,13
2014	-366.440,57
2015	-402.101,30
2016	-421.639,27



Gambar 4.13 Prediksi Pengurangan Emisi CH<sub>4</sub> dari aktivitas Non Domestik Keseluruhan di Surabaya Selatan

Pada Tabel 4.17 dan Gambar 4.13 terlihat periode tahun 2012 tereduksi hingga -303.420,72 kg/tahun.CH<sub>4-eq</sub> berangsur meningkat reduksinya hingga periode tahun 2017 sebesar -8.160.300 kg/tahun.CH<sub>4-eq</sub> serta periode puncak pada tahun 2026 sebesar -13.036.487 kg/tahun.CH<sub>4-eq</sub>. Dari hasil ini bisa disimpulkan bahwa pengaruh dari pemanfaatan emisi itu sendiri berpengaruh terhadap berkurangnya dampak pemanasan global yang terjadi. Dari hasil prediksi pengurangan atau reduksi emisi gas metana dari aktivitas non domestik keseluruhan di Surabaya bagian Selatan diperoleh persamaan regresi yakni  $Y = -2.747.798 - 30.325,9 t$ .

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil dan pembahasan dapat disimpulkan :

1. Adanya peningkatan jumlah emisi gas rumah kaca seiring jumlah populasi setiap tahunnya, sebesar 224.941 kg.CO<sub>2</sub>/tahun dan 53.076 kg.CH<sub>4</sub>/tahun untuk aktifitas domestik serta untuk non domestik sebesar 3.092.484 kg.CO<sub>2-eq</sub>/tahun dan 729.687 kg.CH<sub>4-eq</sub>/tahun.
2. Prediksi besarnya potensi biogas adalah 53.076 kg/tahun dan potensi energi listrik adalah 748.773 kWh/tahun untuk aktifitas domestik serta untuk aktifitas non domestik sebesar 729.687 kg/tahun dan potensi energi listrik adalah 13.036.487 kWh/tahun.
3. Pengurangan emisi GRK dengan pengalihan emisi metana (CH<sub>4</sub>) adalah - 53.076 kg/tahun untuk aktifitas domestik serta untuk aktifitas non domestik adalah -729.687 kg/tahun.
4. Dari hasil prediksi diperoleh persamaan regresi :
  - a. Hasil prediksiemisi gas CO<sub>2</sub>dan CH<sub>4</sub> dari aktifitas tangki septikdomestik dan IPAL non domestikdi Surabaya bagian Selatan selama tahun 2016 - 2026 dengan persamaan regresi yang diperoleh yakni besar emisi gas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> dari aktifitas domestik masing-masing adalah  $Y = 56.710 + 3.735 t$  dan  $Y = 13.381 + 881 t$  serta besar emisi gas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> dari aktifitas non domestik masing-masing adalah  $Y = 1.164.622 + 128.524 t$  dan  $Y = 274.798 + 30.326 t$ .
  - b. Hasil prediksi potensi biogas danenergi listrikdari aktifitas tangki septikdomestik dan IPAL non domestik di Surabaya Selatan selama tahun 2016 - 2026 dengan persamaan regresi yang diperoleh yakni untuk aktifitas domestik  $Y = 239.063 + 15.747 t$  serta untuk aktifitas non domestik  $Y = 4.909.508 + 541.799 t$ .
  - c. Hasil prediksi potensi pengurangan emisi metana (CH<sub>4</sub>) dari tangki septik domestik dan IPAL non domestik jika dikonversi menjadi biogas di Surabaya Selatan selama tahun 2016 - 2026 dengan persamaan regresi

yang diperoleh yakni untuk aktifitas domestik  $Y = -13.381 - 881,394 t$   
serta untuk aktifitas non domestik  $Y = -2.747.798 - 30.325,9 t$ .

## 5.2 Saran

Berdasarkan dari hasil serta kesimpulan yang telah diuraikan diperoleh saran untuk peneliti selanjutnya:

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat juga dikembangkan untuk analisis jenis emisi gas rumah kaca lainnya selain dari gas karbondioksida dan gas metana agar dapat diketahui komposisi gas lain yang mempengaruhi terjadinya gas rumah kaca.
2. Perlu untuk dihitung jumlah gas yang hilang atau keluar dalam proses konversi gas metana, dimana diketahui pada penelitian ini digunakan asumsi reaksi yang terjadi sempurna sedangkan dalam lapangan tidak demikian. Perlu diketahui atau diteliti angka efisiensi pembentukan metana, karena proses biologi dan kimia pembentukan metana di instalasi air limbah tidak sempurna seperti halnya hitungan teori stokiometrinya. Selain itu perlu diketahui pula jumlah gas metana yang terbuang atau hilang ataupun terlepas ke udara pada saat proses pengalirannya di dalam instalasi air limbah, misalnya pada saat proses menuju kompartemen-kompartemen atau instalasi sebelum masuk ke dalam generator atau *converter* dan diubah menjadi listrik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhilus, S., Indra, A. dan Eko, S. (1991). *Produksi dan Komposisi Gas Hasil MUR pada Pilot Plan Biogas ITS*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Arikunto, S. (2006). *Prosedur Penelitian, Suatu Pendekatan Praktik*, Edisi Revisi IV, PT Rineka Cipta. Jakarta.
- Ataei, A., Nojedehi, P., Heidari, M., Nadaei, M., Kurdestani, E. (2016). *Environment Assessment of Energy Production from Lanfill Gas Plants by Using Long-range Energy Alternative Planing (LEAP) and IPCC Methane Estimation Methods : A Case Study of Tehran*. Sustainable Energy Technolgies and Assessments (16). 33-42.
- Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya. (2015). *Pelaporan Status Lingkungan Hidup (PSLHD) Kota Surabaya Tahun 2008*, Badan Lingkungan Hidup Kota Surabaya. Surabaya.
- Barber, W.P., Stuckey, D, C. (1999). *The Use of The Anaerobic Baffled Reactor (ABR) for Wastewater Treatment : A Review*, Elsevier Science Ltd London, Water Research 33 (7). 1559-1578.
- Bent, S. (2007). *Renewable Energy Conversation, Transmission and Storage*, International J Global Energy Issues 13 (3). 196-276.
- Chai, X., Tonjes, D.J., Mahajan, D. (2016). *Methane Emissions As Energy Reservoir: Context, Scope, Causes and Mitigation Strategies*. Progress in Energy and Combustion Science (56). 33-70.
- Cunha, C.S., Lopes, N.L., Veloso, C.M., Jacovine, L.A.G., Tomich, T.R., Pereira, L.G.R., Marcondes, M.I. (2016). *Greenhouse Gases Inventory and Carbon Balance of Two Dairy Systems Obtained From Two Methane Estimation Methods*, Science of The Total Environment.
- Direktorat PPLP. (2011). *Pedoman dan Pelaksanaan Sanitasi Perkotaan Berbasis Masyarakat*, Ditjen Cipta Karya. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.

- Direktorat PPLP. (2012). *Diseminasi dan Sosialisasi Keteknikan Bidang PLP Materi Air Limbah*, Ditjen Cipta Karya. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- El Haq, P, S. (2009). *Potensi Lumpur Tinja Manusia Sebagai Biogas*, Tugas Akhir, Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Fardiaz, S. (1992). *Polusi Air dan Udara*, Kanisius. Yogyakarta.
- Finarta, G, M, J. (2011). *Studi Pola Penggunaan Tangki Septik dan Emisi Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan Metana (CH<sub>4</sub>) dari Tangki Septik Di Surabaya Bagian Utara*, Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Houdkova, L., J, Boran., J, Pecek dan P, Sumpela. (2008). *Biogas-A Renewable Source of Energy*, Journal of Thermal Science 12 (4). 27 -33.
- Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC). (2006). *Waste- IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (IPCC Guidelines)*.
- Irsyada, W, S. (2010). *Kajian Terhadap Upaya Mitigasi Pencemaran Udara di Kota Surabaya*, Tugas Akhir, Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Kamaruddin, S.K., Zakaria, Z. (2016). *Direct Conversion Technologies of Methane to Methanol*. (65). 250-261.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. (2009). *Emisi Gas Rumah Kaca Dalam Angka*, Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Liu, H., Yu, C., Manukovsky, N, S., Koval, V, S., Gurevich., Yu, L. dan Wang, J. (2008). *A Conceptual Configuration Of The Lunar Base Bioregenerative Life Support System Including Soil-Lake Substrate For Growing Plants*, Advanced Spaces Research 42 (6). 1080-1088.
- Mahmudsyah, S., Saputri, Y.F., Yuwono, T. (2014). *Pemanfaatan Kotoran Sapi untuk Bahan Bakar PLT Biogas 80 kWh di Desa Babadan Kecamatan Ngajum Kabupaten Malang*. Jurnal Teknik POMITS 1 (1). 1-6. Surabaya.



- Mara, D, D. (2003). *Domestic Wastewater Treatment In Developing Countries*, Earthscan. London. pp 293.
- Metcalf dan Eddy, Inc. (2003). *Wastewater Engineering : Treatment Disposal Reuse*, Fourth Edition, McGraw-Hill Publishing Company Ltd 1 (4). 3-24.
- Morel, A. dan Dinier, S. (2006). *Greywater Management In Low Middle-Income Countries, Review Of Different Treatment System For Households Or Neighbourhoods*, Swiss Federal Institute of Aquatic Science (EAWAG). Department Of Water And Sanitation In Developing Countries (SANDEC). Switzerland.
- Notoatmodjo, S. (2007). *Promosi Kesehatan*, Rineka Cipta. Jakarta.
- Nugroho, R, D dan Latiefah, S. (2014). *Konversi Energi Biogas Menjadi Energi Listrik sebagai Alternatif Energi Terbarukan dan Ramah Lingkungan di Desa Pangpajung Madura*, Studi Ilmiah. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Numberi. (2009). *Perubahan Iklim : Implikasinya Terhadap Kehidupan di Laut, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*, Fortuna. Jakarta.
- Nurhasanah, A., Widodo, T, W., Asari, A. dan Rahmarestia, E. (2006). *Perkembangan Digester Biogas di Indonesia*, Bogor, Jurnal Pertanian 1 (2). 57.
- Patton, M, Q. (1990). *Qualitative Evalution Methods*, SAGE. Beverly Hills.
- Polprasert. (2007). *Organic Water Recycling Second Edition*, Environmental Engineering Division Asian Institute of Technology Bangkok, Thailand, 4 (4). 145-215.
- Razak, A. (2007). *Kajian Yuridis CarbonTrade dalam Penyelesaian Efek Rumah Kaca*, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Said, N, I., Wahjono, H, D. (1999). *Alat Pengolah Air Limbah Rumah Tangga Semi Komunal Kombinasi Biofilter Anaerob dan Aerob*, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta.
- Saragih, B, R. (2010). *Analisa Potensi Biogas Untuk Menghasilkan Energi Listrik dan Termal Pada Gedung Komersil di Daerah Perkotaan*, Thesis, Universitas Indonesia. Jakarta.

- Sasse, L. (1998). *Decentralized Waste Water Treatment in Developing Countries*, DEWATS, Borda. Bremen.
- Slamet, L. (2001). *Pemanfaatan Gas Metana Sebagai Sumber Energi*, Berita Dirgantara 2 (1).
- SNI. (1991). *Tata Cara Perencanaan Tangki Septik*, SNI 03-2398-1991, Standart Nasional Indonesia.
- Soedjono, E. S., Wibowo, T., Saraswati, S. S. dan Ketelaar, C. (2010). *Buku Referensi Opsi Sistem dan Teknologi Sanitasi*, TTPS. Jakarta.
- Soeparman. (2002). *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair*, Kedokteran EGC. Jakarta.
- Sudjana. (1996). *Metoda Statistika*, Edisi Ketiga, PT Tarsito. Bandung.
- Tilley, E., Luethi, C., Morel, A., Zurbruegg, C. dan Schertenleib, R. (2008). *Compendium Of Sanitation System And Technologies*. Duebendorf, Swiss Federal Institute Of Aquatic Science (EAWAG). Switzerland.
- UP3D LPPM-ITS. (2009). *Pelatihan Tukang Sanitasi*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- US-EPA. (2010). *Methane and Nitrous Oxide Emissions From Natural Sources*. United States Environmental Protection Agency, Washington DC, USA, EPA 430-R-10-001.
- Wahyuni, S. (2008). *Biogas*, Penebar Swadaya. Jakarta.
- Wahyono, T. (2008). *Upaya Pemberdayaan Masyarakat Dalam Pelestarian Hutan Sebagai Pencegah Pemanasan Global*, Universitas Indonesia. Jakarta.
- Waskito, D. (2011). *Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Biogas dengan Pemanfaatan Kotoran Sapi di Kawasan Usaha Peternakan Sapi*, Tesis. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Wati, D, A, E. (2011). *Studi Pola Penggunaan Tangki Septik dan Emisi Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan Metana (CH<sub>4</sub>) dari Tangki Septik di Surabaya Selatan*, Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

Yuliasuti, I. (2007). *Perencanaan Awal Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) di Kota Tanah Merah Papua*, Tugas Akhir, Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## LAMPIRAN

Tabel A Lampiran Pengolahan Data Domestik di Surabaya bagian Selatan

No. Responden	Kecamatan	Jumlah orang	Pekerjaan KK	m <sup>3</sup> /Tahun	m <sup>3</sup> /bulan rata-rata	m <sup>3</sup> /hari	m <sup>3</sup> /orang/hari
1	Jambangan	4	Karyawan Swasta	311	26	0,86	0,22
2	Jambangan	4	Karyawan Swasta	169	14	0,47	0,12
3	Wiyung	5	Karyawan Swasta	377	31	1,05	0,21
4	Wonokromo	6	TNI	390	33	1,08	0,18
5	Wonokromo	6	TNI	384	32	1,07	0,18
6	Wonokromo	5	TNI	657	55	1,83	0,37
7	Jambangan	6	PNS	412	34	1,14	0,19
8	Jambangan	7	Wiraswasta	793	66	2,20	0,31
9	Wonokromo	5	TNI	360	30	1,00	0,20
10	Wiyung	4	Karyawan Swasta	184	15	0,51	0,13
11	Dukuh Pakis	6	Wiraswasta	693	58	1,93	0,32
12	Dukuh Pakis	4	PNS	180	15	0,50	0,13
13	Dukuh Pakis	4	PNS	296	25	0,82	0,21
14	Dukuh Pakis	6	Wiraswasta	310	26	0,86	0,14
15	Gayungan	6	Karyawan Swasta	924	77	2,57	0,43
16	Wiyung	5	PNS	420	35	1,17	0,23
17	Wiyung	6	Wiraswasta	404	34	1,12	0,19
18	Wiyung	4	Wiraswasta	275	23	0,76	0,19
19	Wiyung	6	PNS	552	46	1,53	0,26
20	Wonokromo	5	Karyawan Swasta	610	51	1,69	0,34
21	Sawahan	6	PNS	376	31	1,04	0,17
22	Sawahan	4	Karyawan Swasta	362	30	1,01	0,25
23	Sawahan	4	Karyawan Swasta	321	27	0,89	0,22
24	Sawahan	4	Karyawan Swasta	177	15	0,49	0,12
25	Sawahan	6	PNS	483	40	1,34	0,22
26	Sawahan	6	Karyawan Swasta	537	45	1,49	0,25
27	Sawahan	5	PNS	580	48	1,61	0,32
28	Sawahan	6	PNS	431	36	1,20	0,20
29	Sawahan	4	Karyawan Swasta	365	30	1,01	0,25
30	Sawahan	6	PNS	424	35	1,18	0,20
31	Sawahan	4	Karyawan Swasta	343	29	0,95	0,24
32	Wonokromo	4	Wiraswasta	351	29	0,98	0,24
33	Wonokromo	4	PNS	463	39	1,29	0,32
34	Wonocolo	5	PNS	334	28	0,93	0,19
35	Wonocolo	5	PNS	294	25	0,82	0,16

Lanjutan Tabel A

36	Wonocolo	4	Wiraswasta	594	50	1,65	0,41
37	Wonocolo	5	PNS	556	46	1,54	0,31
38	Wonocolo	6	PNS	339	28	0,94	0,16
39	Wonocolo	4	Karyawan Swasta	253	21	0,70	0,18
40	Wonocolo	5	Karyawan Swasta	364	30	1,01	0,20
41	Wonocolo	6	PNS	542	45	1,51	0,25
42	Wonocolo	5	Karyawan Swasta	425	35	1,18	0,24
43	Wonocolo	5	Wiraswasta	431	36	1,20	0,24
44	Wonocolo	6	Wiraswasta	528	44	1,47	0,24
45	Gayungan	6	PNS	794	66	2,21	0,37
46	Gayungan	6	PNS	537	45	1,49	0,25
47	Gayungan	4	Karyawan Swasta	411	34	1,14	0,29
48	Gayungan	5	Karyawan Swasta	575	48	1,60	0,32
49	Gayungan	5	PNS	362	30	1,01	0,20
50	Gayungan	6	PNS	503	42	1,40	0,23
51	Dukuh Pakis	6	Karyawan Swasta	389	32	1,08	0,18
52	Dukuh Pakis	5	PNS	384	32	1,07	0,21
53	Dukuh Pakis	5	Karyawan Swasta	317	26	0,88	0,18
54	Dukuh Pakis	6	Karyawan Swasta	514	43	1,43	0,24
55	Wiyung	6	Karyawan Swasta	416	35	1,16	0,19
56	Wiyung	5	Karyawan Swasta	518	43	1,44	0,29
57	Wiyung	5	PNS	372	31	1,03	0,21
58	Wiyung	5	Karyawan Swasta	374	31	1,04	0,21
59	Wiyung	6	PNS	391	33	1,09	0,18
60	Gayungan	5	PNS	276	23	0,77	0,15
61	Wonokromo	5	PNS	342	29	0,95	0,19
62	Gayungan	5	Karyawan Swasta	247	21	0,69	0,14
63	Gayungan	7	PNS	464	39	1,29	0,18
64	Gayungan	4	PNS	308	26	0,86	0,21
65	Wonokromo	6	PNS	402	34	1,12	0,19
66	Wonokromo	5	PNS	298	25	0,83	0,17
67	Wonokromo	6	Wiraswasta	609	51	1,69	0,28
68	Gayungan	4	PNS	627	52	1,74	0,44
69	Jambangan	4	PNS	222	19	0,62	0,15
70	Jambangan	6	PNS	633	53	1,76	0,29
71	Gayungan	6	Wiraswasta	380	32	1,06	0,18
72	Dukuh Pakis	4	Wiraswasta	304	25	0,84	0,21

Lanjutan Tabel A

73	Dukuh Pakis	5	PNS	305	25	0,85	0,17
74	Karang Pilang	6	Karyawan Swasta	410	34	1,14	0,19
75	Karang Pilang	6	Karyawan Swasta	420	35	1,17	0,19
76	Karang Pilang	6	Wiraswasta	523	44	1,45	0,24
77	Karang Pilang	4	PNS	288	24	0,80	0,20
78	Karang Pilang	4	PNS	381	32	1,06	0,26
79	Karang Pilang	5	Karyawan Swasta	378	32	1,05	0,21
80	Karang Pilang	4	PNS	302	25	0,84	0,21
81	Karang Pilang	6	Wiraswasta	461	38	1,28	0,21
82	Karang Pilang	4	Wiraswasta	395	33	1,10	0,27
83	Karang Pilang	6	Wiraswasta	397	33	1,10	0,18
84	Karang Pilang	4	Karyawan Swasta	273	23	0,76	0,19
85	Jambangan	5	PNS	436	36	1,21	0,24
86	Jambangan	4	Karyawan Swasta	260	22	0,72	0,18
87	Jambangan	4	Karyawan Swasta	300	25	0,83	0,21
88	Jambangan	4	Karyawan Swasta	284	24	0,79	0,20
89	Jambangan	6	Wiraswasta	599	50	1,66	0,28
90	Jambangan	5	PNS	331	28	0,92	0,18
91	Jambangan	6	Wiraswasta	553	46	1,54	0,26
92	Jambangan	5	PNS	317	26	0,88	0,18
93	Jambangan	5	PNS	376	31	1,04	0,21
94	Jambangan	6	PNS	533	44	1,48	0,25
95	Jambangan	4	PNS	314	26	0,87	0,22
96	Wonokromo	5	Karyawan Swasta	432	36	1,20	0,24
97	Wonokromo	4	Karyawan Swasta	281	23	0,78	0,20
98	Wonokromo	6	PNS	586	49	1,63	0,27
99	Wonokromo	4	Karyawan Swasta	287	24	0,80	0,20
100	Wonokromo	4	Karyawan Swasta	271	23	0,75	0,19
Rerata Jumlah org		5	<b>Total</b>	41236	3436	114,54	22,47
			<b>Total Rata-rata</b>	412	34	1,15	0,22

Tabel B Lampiran Pengolahan Data Non Domestik di Surabaya bagian Selatan

Tabel B.1 Lampiran Pengolahan Data Non Domestik “Mall” di Surabaya bagian Selatan

NoRes	Kecamatan	m <sup>3</sup> /tahun	m <sup>3</sup> /bulan rata-rata	m <sup>3</sup> /hari	Orang/bulan	orang/hari
1	Wonokromo	103124	8594	286,46	39062	1302
3	Wonokromo	3999	333	11,11	1515	50
34	Gayungan	45936	3828	127,60	17400	580
42	Wonokromo	57986	4832	161,07	21964	732
43	Dukuh Pakis	226128	18844	628,13	85655	2855
44	Dukuh Pakis	137775	11481	382,71	52188	1740
70	Gayungan	258904	21575	719,18	98070	3269
<b>Total</b>		833852	69487,67	2316,26	315853	10528
<b>Rata-rata</b>		119121,7	9926,81	330,89	45122	1504

Tabel B.2 Lampiran Pengolahan Data Non Domestik “Hotel” di Surabaya bagian Selatan

NoRes	Kecamatan	m <sup>3</sup> /tahun	m <sup>3</sup> /bulan rata-rata	m <sup>3</sup> /hari	Orang/bulan	orang/hari
11	Wonokromo	7239	603	20,11	2742	91
13	Wonokromo	4333	361	12,04	1641	55
21	Sawahan	486	41	1,35	184	6
22	Sawahan	16660	1388	46,28	6311	210
40	Wonocolo	6355	530	17,65	2407	80
<b>Total</b>		35073	2922,75	97,43	13285	443
<b>Rata-rata</b>		7014,6	584,55	19,49	2657	89

Tabel B.3 Lampiran Pengolahan Data Non Domestik “Rumah Makan” di Surabaya bagian Selatan

NoRes	Kecamatan	m <sup>3</sup> /tahun	m <sup>3</sup> /bulan rata-rata	m <sup>3</sup> /hari	Orang/bulan	orang/hari
15	Wonokromo	1417	118	3,94	537	18
16	Wonokromo	1056	88	2,93	400	13
23	Sawahan	1174	98	3,26	445	15
25	Sawahan	1337	111	3,71	506	17
26	Sawahan	882	74	2,45	334	11
39	Wonocolo	948	79	2,63	359	12
45	Dukuh Pakis	4104	342	11,40	1555	52
69	Dukuh Pakis	2477	206	6,88	938	31
<b>Total</b>		13395	1116,25	37,21	5074	169
<b>Rata-rata</b>		1674,38	139,53	4,65	634	21



Tabel B.4 Lampiran Pengolahan Data Non Domestik “Pertokoan” di Surabaya bagian Selatan

NoRes	Kecamatan	m <sup>3</sup> /tahun	m <sup>3</sup> /bulan rata-rata	m <sup>3</sup> /hari	Orang/bulan	orang/hari
4	Wonokromo	843	70	2,34	319	11
12	Wonokromo	1253	104	3,48	475	16
17	Wonokromo	875	73	2,43	331	11
24	Sawahan	1462	122	4,06	554	18
27	Gayungan	10547	879	29,30	3995	133
67	Dukuh Pakis	2996	250	8,32	1135	38
<b>Total</b>		17976	1498,00	49,93	6809	227
<b>Rata-rata</b>		2996	249,67	8,32	1135	38

Tabel B.5 Lampiran Pengolahan Data Non Domestik “Perkantoran” di Surabaya bagian Selatan

NoRes	Kecamatan	m <sup>3</sup> /tahun	m <sup>3</sup> /bulan rata-rata	m <sup>3</sup> /hari	Orang/bulan	orang/hari
2	Wonokromo	1752	146	4,87	664	22
5	Wonokromo	998	83	2,77	378	13
6	Wonokromo	487	41	1,35	184	6
7	Wonokromo	999	83	2,78	378	13
8	Wonokromo	51	4	0,14	19	1
9	Wonokromo	1730	144	4,81	655	22
10	Wonokromo	7239	603	20,11	2742	91
18	Wonokromo	310	26	0,86	117	4
19	Sawahan	1722	144	4,78	652	22
20	Sawahan	167	14	0,46	63	2
29	Gayungan	2937	245	8,16	1113	37
31	Gayungan	9251	771	25,70	3504	117
32	Gayungan	274	23	0,76	104	3
33	Gayungan	18563	1547	51,56	7031	234
35	Gayungan	937	78	2,60	355	12
36	Gayungan	1272	106	3,53	482	16
37	Wonocolo	7266	606	20,18	2752	92
38	Wonocolo	277	23	0,77	105	3
41	Gayungan	1495	125	4,15	566	19
46	Dukuh Pakis	1354	113	3,76	513	17
47	Dukuh Pakis	683	57	1,90	259	9
48	Karang Pilang	564	47	1,57	214	7
49	Karang Pilang	1150	96	3,19	436	15
50	Gayungan	4290	358	11,92	1625	54

51	Gayungan	1410	118	3,92	534	18
52	Gayungan	2092	174	5,81	792	26
53	Gayungan	28145	2345	78,18	10661	355
54	Gayungan	4653	388	12,93	1763	59
55	Wonocolo	543	45	1,51	206	7
56	Wonocolo	1649	137	4,58	625	21
57	Wonocolo	2264	189	6,29	858	29
58	Wonocolo	563	47	1,56	213	7
59	Wonocolo	2082	174	5,78	789	26
60	Wonocolo	604	50	1,68	229	8
61	Wonocolo	1313	109	3,65	497	17
62	Karang Pilang	447	37	1,24	169	6
63	Karang Pilang	437	36	1,21	166	6
64	Dukuh Pakis	1449	121	4,03	549	18
65	Dukuh Pakis	1347	112	3,74	510	17
66	Dukuh Pakis	373	31	1,04	141	5
68	Dukuh Pakis	4122	344	11,45	1561	52
<b>Total</b>		119261	9938,42	331,28	45175	1506
<b>Rata-rata</b>		2908,80	242,40	8,08	1102	37

Tabel B.6 Lampiran Pengolahan Data Non Domestik “Rumah Sakit” di Surabaya bagian Selatan

NoRes	Kecamatan	m <sup>3</sup> /tahun	m <sup>3</sup> /bulan rata-rata	m <sup>3</sup> /hari	Orang/bulan	Orang/hari
30	Gayungan	8390	699	23,31	3178	106
28	Gayungan	42821	3568	118,95	16220	541
14	Wonokromo	137783	11482	382,73	52191	1740
<b>Total</b>		188994	15749,50	524,98	71589	2386
<b>Rata-rata</b>		62998	5249,83	174,99	23863	795

## KUISIONER

TANGGAL : KECAMATAN :  
SURVEYOR : KELURAHAN :

### IDENTITAS RESPONDEN

1. Nama :  
2. Jenis Kelamin : L / P  
3. Umur :  
4. Alamat :

5. Jumlah Penghuni rumah : Orang (L : .../ P : ...)

### KARAKTERISTIK RESPONDEN

1. Tingkat pendidikan  
a. SD d. Sarjana / Diploma  
b. SMP / MTs e. Pascasarjana  
c. SMA / SMK / MA f. Lainnya .....
2. Pekerjaan  
a. PNS / AKABRI / POLRI d. Pelajar / Mahasiswa  
b. Pegawai Swasta / BUMN e. Lainnya.....  
c. Wiraswasta
3. Pendapatan keluarga perbulan  
a. < Rp 500.000,00  
b. Rp 500.000,00 – Rp 1.115.000,00  
c. Rp 1.115.000,00 – Rp 3.000.000,00  
d. Rp 3.000.000,00 – Rp 5.000.000,00  
e. > Rp 5.000.000,00
4. Rumah tempat tinggal  
a. 1 lantai b. 2 lantai
5. Luas tempat tinggal  
a. < 100 m<sup>2</sup> c. 200m<sup>2</sup> - 300m<sup>2</sup>  
b. 100 m<sup>2</sup> – 200 m<sup>2</sup> d. > 300m<sup>2</sup>

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Makassar, pada tanggal 08 Agustus 1992 dan merupakan putra pertama dari 3 bersaudara dengan seorang ayah yang bernama Basri Cana dan seorang ibu bernama Hery Handayani. Penulis memulai pendidikan dengan menjalani pendidikan dasar di SD Inpres Tamalanrea 1 Makassar (1999-2004), dan melanjutkan ke SMP Negeri 30 Makassar (2004-2007), kemudian meneruskan ke SMA Negeri 01 Makassar (2007-2010). Penulis terdaftar sebagai menjadi mahasiswa Strata 1 Jurusan Teknik Sipil, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin (2010-2014). Pada tahun 2014, penulis melaksanakan Kerja Praktek di PT. Panasonic Lighting Indonesia Tbk, Pasuruan, Jawa Timur. Tahun 2014 penulis menyelesaikan Skripsi dengan judul "Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Mangan (Mn) dan Kromium (Cr) dengan tumbuhan Akar Wangi (*Vetiveria Zizanioides*) Pada Media Tanah Kompos". Selama masa kuliah, penulis menjadi salah satu anggota Himpunan Mahasiswa Jurusan HMS FT-UH. Pada tahun 2015, penulis melanjutkan kuliah Pascasarjana di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh November (ITS). Bagi pembaca yang memiliki saran dan kritik dapat menghubungi penulis melalui email [adydharmawan@yahoo.com](mailto:adydharmawan@yahoo.com) atau [adydarmawanbasri@gmail.com](mailto:adydarmawanbasri@gmail.com).

*”Halaman ini sengaja dikosongkan”*





## BERITA ACARA UJIAN/SIDANG TESIS

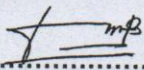
Pada

Hari, Tanggal : Kamis, 05 Januari 2017  
Jam : 10.00-12.00 WIB  
Tempat : R. Sidang Pascasarjana

telah dilaksanakan Ujian Tesis :

Judul : Prediksi Emisi Gas Karbondioksida dan Metana serta Potensi Energi Listrik dari Aktivitas Domestik dan Non Domestik di Surabaya Bagian Selatan

Nama Mahasiswa : ADY DARMAWAN BASRI  
Nrp. : 3315201004  
Program Studi : S-2 Teknik Lingkungan ITS  
Bidang Keahlian : Magister Teknik Lingkungan

Tanda Tangan : 

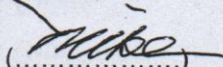
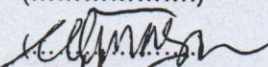
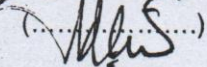
Dari hasil pengujian dinyatakan :

- ① LULUS DENGAN PERBAIKAN MINOR \*)
2. MENGULANG UJIAN LISAN
3. TIDAK LULUS

Saran-saran perbaikan:

- 10/1/17
- Kesimpulan : cara penulisan persamaan  $y = -274,798 + 30326t$
  - Pembahasan : gelas arumex dan buat per KK
  - Apa teknologi yg digunakan utk memperolehi listrik
  - skala RT
  - Surabaya bagian selatan disesuaikan
  - Pembahasan ttg survey ~~dan~~ / masukkan contoh kuesioner di lampiran.
  - Saran diperbaiki.
- 10/01/17
- Uraian pd buku

Tim Penguji :

Nama	(Tanda Tangan)
1. Prof. Nieke K	
2. Dr. Elina SP	
3. Adhy Yumarto Ph.D	

Pembimbing,



Dr. Ir. Mohammad Razif, MM

Keterangan:

- \*) Jangka waktu perbaikan tesis (lingkari salah satu) : 1 - 2 - 3 - 4 minggu.  
Apabila waktu tersebut tidak dipenuhi, maka nilai ujian tesis dianggap batal dan mahasiswa yang bersangkutan diwajibkan mengulang ujian lisan.